

Série A. N° 151

N° d'Ordre 173

THÈSES

PRÉSENTÉES
À LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS
POUR OBTENIR
LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
PAR

J. GUBLER

PREMIÈRE THÈSE

ÉTUDES GÉOLOGIQUES dans le VORARLBERG CENTRAL

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

SOUTENUES LE 1 JUIN 1927
DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. HAUG	} <i>Président</i>	
MICHEL-LÉVY		} <i>Examineurs</i>
HÉROUARD		

VINCENNES — IMPRIMERIE PATUREL

1927

THÈSES

PRÉSENTÉES
A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS
POUR OBTENIR
LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
PAR

J. GUBLER

PREMIÈRE THÈSE

ÉTUDES GÉOLOGIQUES dans le VORARLBERG CENTRAL

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

SOUTENUES LE : 1 JUIN 1927
DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. HAUG	} <i>Président</i>	
MICHEL-LÉVY		} <i>Examineurs</i>
HÉROUARD		

VINCENNES — IMPRIMERIE PATUREL

1927

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen. C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.
Doyens honoraires. P. APPELL, M. MOLLIARD.

Professeurs honoraires.

P. PUISEUX.
 V. BOUSSINESQ.
 A. JOANNIS.
 H. LE CHATELIER.
 H. LEBESGUE.
 A. FERNBACH.
 A. LEDUC.
 G. SAGNAC.



Émile PICARD . . . Analyse supérieure et algèbre supérieure.
 G. KOENIGS . . . Mécanique physique et expérimentale.
 E. GOURSAT . . . Calcul différentiel et calcul intégral.
 P. JANET . . . Electrotechnique générale
 F. WALLERANT . . . Minéralogie.
 H. ANDOYER . . . Astronomie.
 P. PAINLEVÉ . . . Mécanique analytique et mécanique céleste.
 E. HAUG . . . Géologie.
 G. BERTRAND . . . Chimie biologique.
 M^{me} P. CURIE . . . Physique générale et radioactivité.
 M. CAULLERY . . . Zoologie (Évolution des êtres organisés).
 C. CHABRIÉ . . . Chimie appliquée.
 G. URBAIN . . . Chimie minérale.
 Emile BOREL . . . Calcul des probabilités et Physique math.
 L. MARCHIS . . . Aviation.
 Jean PERRIN . . . Chimie physique.
 Rémy PERRIER . . . Zoologie (Enseignement P.C.N.).
 H. ABRAHAM . . . Physique.
 M. MOLLIARD . . . Physiologie végétale.
 E. CARTAN . . . Géométrie supérieure.
 L. LAPICQUE . . . Physiologie générale.
 E. VESSIOT . . . Théorie des groupes et calcul des variations.
 A. COTTON . . . Physique générale.
 J. DRACH . . . Application de l'analyse à la géométrie.
 Charles FABRY . . . Physique.
 Charles PÉREZ . . . Zoologie.
 Léon BERTRAND . . . Géologie appliquée et géologie régionale.
 R. LESPIEAU . . . Théories animiques.
 E. RABAUD . . . Biologie expérimentale.
 P. PORTIER . . . Physiologie comparée.
 E. BLAISE . . . Chimie organique.
 P.-A. DANGEARD . . . Botanique.
 P. MONTEL . . . Mécanique rationnelle.
 P. WINTREBERT . . . Anatomie et histologie comparées.
 O. DUBOSQ . . . Biologie maritime.
 G. JULIA . . . Mathématiques générales.
 A. JOB . . . Chimie générale.
 A. MAILHE . . . Etude des combustibles.
 L. LUTAUD . . . Géographie physique.
 Eugène BLOCH . . . Physique théorique et physique céleste.
 N. Mécanique des fluides et applications.

Professeurs. . .

E. HÉROUARD . . . Zoologie.
 G. PÉCHARD . . . Chimie (Engelst P.C.N.).
 V. AUGER . . . Chimie analytique.
 M. GUICHARD . . . Chimie minérale.
 A. GUILLET . . . Physique.
 C. MAUGUIN . . . Minéralogie.
 L. BLARINGHEM . . . Botanique.
 A. MICHEL-LÉVY . . . Pétrographie.
 A. DEREIMS . . . Géologie.
 R. DONGIER . . . Physique du globe.
 A. DENJOY . . . Calcul différentiel et intégral.
 H. BENARD . . . Physique (P.C.N.).

E. DARMOIS . . . Physique.
 G. BRUHAT . . . Physique.
 H. MOUTON . . . Chimie physique.
 L. JOLEAUD . . . Paléontologie.
 M. JAVILLIER . . . Chimie biologique.
 A. DUFOUR . . . Physique (P.C.N.).
 F. PICARD . . . Zoologie (Évolution des êtres organisés).
 ROBERT-LÉVY . . . Zoologie.
 L. DUNOYER . . . Optique appliquée.
 A. GUILLIERMOND . . . Botanique (P.C.N.).
 A. DEBIERNE . . . Radioactivité.

Secrétaire. Daniel TOMBECK.

A MES PARENTS

Avant Propos

C'est grâce aux encouragements et aux conseils bienveillants que je dois à mon Maître, M. Haug, que j'ai été amené à poursuivre cette étude régionale dans le Vorarlberg. Qu'il me soit permis, avant tout, de remercier M. le Professeur Haug de l'intérêt qu'il a toujours témoigné pour mon travail, et des journées inoubliables passées près de lui dans l'Ubaye.

Mes remerciements vont aussi à Mme Jérémine, qui maintes fois a bien voulu m'éclairer dans l'étude microscopique des gneiss.

Je remercie également la direction de l'usine à ciment de Lorüns qui m'a autorisé à faire des dosages dans son laboratoire, et qui m'a fourni des analyses de roches. J'exprime enfin ma reconnaissance à tous ceux qui de près ou de loin se sont intéressés à mon travail.

La région qui fait l'objet de cette étude s'étend depuis la chaîne frontière du Rhéticon à travers tout le Vorarlberg (Autriche) jusqu'aux environs du lac de Formarin et dans le Walsertal supérieur. Dans une première partie j'ai réuni toutes les observations stratigraphiques et poursuivi les zones de faciès vers l'est. La deuxième partie est consacrée à l'étude tectonique de détail. J'ai pu distinguer dans les deux unités austro-alpines supérieures, plusieurs imbrications que j'ai raccordées aux éléments tectoniques connus à l'est et à l'ouest.

1870-1871

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

Historique

Les premières observations stratigraphiques et tectoniques dans le Vorarlberg datent d'ESCHER DE LA LINTH (5). Elles ont aujourd'hui encore, une certaine valeur. Mais c'est RICHTHOFEN (8 et 10), qui le premier, établit la stratigraphie du Trias et qui a donné des coupes géologiques grâce auxquelles la structure du Vorarlberg, dans son ensemble, est fixée pour longtemps. MOJSISOVICS (15) s'en est servi pour établir sa synthèse du Rhéticon. Les quatre unités tectoniques qui, suivant cet auteur, ont basculé les unes par rapport aux autres et dont les bords se seraient localement chevauchés, ne correspondent qu'en partie aux écaillés qu'on distingue actuellement dans le Rhéticon. SKUPHOS (40) a pu en 1893, grâce à la trouvaille de fossiles, compléter les données stratigraphiques de Richthofen. En 1903 et 1904, M. TERMIER (60) et M. HAUG (63), ont appliqué les idées alors nouvelles de SCHARDT et LUGEON à la structure des Alpes orientales. Pour le Rhéticon, ROTHPLETZ a, dès 1899 (50), essayé de démontrer la présence de charriages dans cette région, en admettant une poussée Est-Ouest. De nouveaux levés de détails ont été ensuite entrepris par SEIDLITZ (72) dans le Rhéticon moyen et oriental, tandis que le centre du Vorarlberg n'a plus fait l'objet d'aucune étude détaillée depuis les travaux de Richthofen. En 1912, MYLIUS (110) a consacré deux importants volumes à la limite des Alpes occidentales et des Alpes orientales. Ses observations ont été mises en pleine lumière par Trümpy.

C'est TRÜMPY (134), le premier, qui a donné du Rhéticon occidental une synthèse qui fut la base de toutes les recherches récentes, dans les Grisons en général, et dans le Rhéticon en particulier. Il a subdivisé le Flysch du Praetigau en plusieurs séries lithologiques, complété la stratigraphie de la nappe du Falknis et reconnu dans l'unité austro-alpine supérieure quatre écaïlles différentes.

Venant de l'Est AMPFERER a, dans plusieurs travaux (94, 118), poursuivi les nappes des Alpes orientales jusqu'au col d'Arlberg et dans le Rhéticon. Tout récemment, il a publié une étude de la nappe du Lechtal aux environs de Spullers, région contiguë à celle qui est représentée sur ma carte (186). Il y décrit notamment la structure compliquée du bord méridional de la nappe et de son synclinal, et poursuit la grande faille de Formarin depuis la Rote Wand jusqu'au nord de Spullers.

L'an passé parurent deux thèses, d'ARNI (197) et de STAHEL (202) sur le Rhéticon moyen. J'aurai l'occasion de revenir plus tard sur ces travaux.

Introduction.

Les unités tectoniques de la Suisse orientale se continuent dans le Vorarlberg, mais plongeant fortement vers l'est, de sorte qu'à l'exception d'une petite fenêtre près de Bludenz, toutes les nappes des Grisons ont disparu sous l'énorme carapace des nappes austro-alpines supérieures, qui, à partir du Rhéticon, constituent la partie septentrionale du segment oriental des Alpes. Seuls, le Crétacé et le Flysch helvétiques traversent le Vorarlberg entier pour s'enfouir presque complètement sous les éléments austro-alpins, à l'est du Grünten.

Au contact du Flysch du Vorarlberg et des nappes austro-alpines on ne trouve plus, dans le Vorarlberg central et oriental, les nappes des Grisons, la nappe du Falknis, la nappe de la Sulzfluh et les imbrications d'Arosa qui, là, restent ensevelies sous les unités tectoniques supérieures. La forte montée axiale vers l'ouest fait disparaître peu à peu la nappe de l'Allgäu, l'inférieure des deux nappes austro-alpines. Du Haut Walsertal, où elle est représentée par plusieurs écailles jusqu'au Hochfrassen près de Bludenz, toutes ses imbrications vont en se laminant et seule celle du Hängender Stein traverse la vallée de l'Ill. Dans le Rhéticon, la montée axiale a occasionné aussi l'écaillage si intense de la nappe du Lechtal.

La stratigraphie des éléments austro-alpins supérieurs étant connue, pour le Trias tout au moins, de

longue date, il n'a été possible d'apporter de faits nouveaux que pour le Lias et les terrains plus récents seulement qui n'ont jamais été reconnus dans le centre de la région étudiée. Les cartes manuscrites de la Geologische Reichsanstalt n'étant pas à ma disposition, je ne peux pas savoir si une partie de mes observations, aussi bien stratigraphiques que tectoniques, se trouvent déjà à Vienne, sur les minutes inédites.

L'unité tectonique la plus élevée, qui se poursuit en venant des Grisons en Suisse, le long du bord méridional de la nappe du Lechtal, est la nappe de la Silvretta.

Elle forme le noyau cristallin de la carapace sédimentaire qui s'en est détachée et qui constitue les nappes du Lechtal et de l'Allgäu. Le Cristallin a une tectonique propre, indépendante de celle de la nappe du Lechtal, ayant cependant comme trait commun, une semblable direction des axes des plis. Plusieurs écaillés se succèdent dans le Cristallin, de l'Est à l'Ouest, et se laminent au contact de la nappe du Lechtal.

PREMIÈRE PARTIE — STRATIGRAPHIE

1) Le Flysch du Vorarlberg

La zone méridionale du Flysch du Vorarlberg, sur laquelle chevauchent partout les nappes austro-alpines, repose au nord sur le Crétacé helvétique, continuation de celui de la Suisse orientale.

Ce Flysch a fait récemment l'objet de plusieurs travaux, notamment de Richter (164, 165). D'après cet auteur, le Flysch forme un grand synclinal, tandis que Arn, Heim (*) le considère comme une série normale. Il y a peu de temps, Schaad (194) a étudié le contact du Crétacé avec ce Flysch aux environs de Feldkirch. Il fait du Crétacé supérieur et du Wildflysch une série compréhensive à la limite du Crétacé et du Tertiaire. A défaut de fossiles, sa manière de voir n'est nullement prouvée, quoique aucun contact entre le Sénonien et le Flysch ne permette d'établir nettement une transgression du Nummulitique. Schaad distingue au-dessus du Wildflysch, cinq niveaux, qui ne sont d'ailleurs, en partie, que d'un intérêt local. Ce sont d'abord une zone de passage au Wildflysch, puis deux horizons calcaires et deux niveaux de grès.

Aux environs de Damüls, le Sénonien helvétique supporte une série de calcaires bien lités, souvent plus ou moins marneux, qui correspond peut-être à la *zone inférieure des calcaires* distinguée par Richter et Schaad. Mais les roches qui lui font suite ne méritent pas le nom de *zone de grès* ainsi que Richter l'a dénommée dans l'Allgäu. Les grès y sont l'élément de beaucoup le moins bien représenté, tandis que les

(*) ARN. HEIM, Beobachtungen in den Vorarlberger Kreideketten. *Ecl. Geol. Helv.* Vol. xviii, 1923, p. 207-213.

calcaires et les marnes prédominent. A la base des nombreux ravins qui découpent la face septentrionale du Damülserhorn, affleure un lit de 2 à 3 mètres d'un conglomérat, dont les éléments atteignent souvent 5 à 10 centimètres de diamètre. Ce sont surtout des fragments cristallins, à côté de galets de jaspes, de calcaires et de dolomies, empruntés au Jurassique, au Lias et au Trias austro-alpins, qui constituent ce conglomérat. Ce qui lui fait suite, n'est pas une zone de grès comme on l'attendait d'après les travaux de Richter et de Schaad, mais une alternance de calcaires marneux et de marnes à Chondrites. Ces couches atteignent peut-être 100 m. d'épaisseur ; elles sont plusieurs fois repliées et les charnières des plis sont visibles dans plusieurs ravins au nord du Damülserhorn. Au sommet de ces calcaires marneux qui sont riches en Chondrites, se développent des calcaires gréso-siliceux. Un peu plus haut, des grès, des microbrèches et des calcaires siliceux se substituent entièrement aux calcaires marneux. Ces bancs de grès et de microbrèches n'atteignent pas en tout 70 m. d'épaisseur ; ils ne peuvent correspondre à la puissante série de bancs de grès alternant avec de minces lits de marnes, qu'on rencontre soit plus à l'est, soit plus à l'ouest. Vers le sommet du Damülserhorn, les grès et les microbrèches alternent avec des calcaires marneux à Helminthoïdes et à Chondrites. Les grès micacés, les calcaires gréseux et les microbrèches ne prédominent nullement sur les calcaires. Cependant, c'est ici qu'on retrouve les grès à débris de plantes, qui au sud de Feldkirch forment la base de la *zone des grès*. Sur tout le versant sud du Damülserhorn, on trouve localement ces roches détritiques, mais elles ne jouent qu'un rôle secondaire. Il est probable que toute la zone gréseuse, partout ailleurs nettement développée, est remplacée ici par ce faciès de transition.

Près de Sonntag dans le Walsertal, le Flysch, qui

forme la partie supérieure de la zone du Damüls-erhorn, est de nouveau presque entièrement constitué par des calcaires et des marnes. En remontant le premier ravin à l'ouest de l'Eglise, le profil suivant se présente :

- 1) 1,0 m. calcaires noirs à grain extrêmement fin ;
- 2) 0,20 m. schistes argileux noirs ;
- 3) 0,06 m. calcaires fins bleuâtres ;
- 4) 0,30 m. calcaires noirs comme 1 ;
- 5) 0,50 calcaires noirs en lits de 5 à 10 cm., se débitant en plaquettes ;
- 6) 1,0 m. calcaires noirs alternant avec des marnes grises ;
- 7) 0,07 m. calcaires finement micacés ;
- 8) 0,40 m. schistes noirs alternant avec des calcaires gréseux bruns ;
- 9) 0,70 m. grès fins micacés ;
- 10) 2,10 m. calcaires gris ;
- 11) 1 m. marnes grises et calcaires noirs.

Cette alternance de calcaires et de marnes, avec quelques intercalations de grès, continue encore très loin dans ce ravin. Au contact du Flysch avec la nappe de l'Allgäu, sur l'arête qui se détache du Blasenka dans la direction de Zabern, on a une coupe à peu près égale à celle du Türtschtobel près Sorntag, avec la seule différence que les calcaires marneux et les marnes y sont très riches en Helminthoïdes et en Chondrites.

Plus à l'ouest, à Raggal, on trouve localement des grès et des microbrèches, accompagnés de brèches, dont les éléments atteignent 2 à 3 cm. de diamètre. Mais là aussi ce ne sont que des intercalations dans une série principalement marno-calcaire. De même à Nenzing, ce sont les marnes et les calcaires qui dominent jusqu'au contact avec le Trias austro-alpin.

Les seuls restes organiques qu'on rencontre fré-

quemment dans le Flysch, sont les Chondrites et les Helminthoïdes.

Ce sont :

Phycopsis intricata Ad. BROGN.

(ROTHPLETZ, Über die Flysch Fucoïden. *Z.D.G. Ges.* 1896, pl. XXII, fig. 2).

Phycopsis targonii Ad. BROGN.

(BRONGNIART, Histoire des végétaux fossiles, Paris 1828, pl. 4, fig. 4 et 5).

Phycopsis arbuscula FISCHER-OOSTER.

(ROTHPLETZ, *loc. cit.*, pl. XXII, fig. 3).

Helminthoidea labyrinthica HEER.

(O. HEER, Le monde primitif de la Suisse, Genève 1872, pl. x, fig. 12).

Mylius cite en outre :

Phycopsis affinis STERNB.

— *expansa* FISCHER-OOSTER.

— *aff. filiformis* FISCHER-OOSTER

— *æqualis* BROGN.

Granularia Hæsy STERNB.

Helminthoidea crassa SCHAFH.

— *magna* HEER.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

- 1) *Calcaire gris clair, plus ou moins marneux* : c'est un calcaire à pâte fine, à Globigérines, plus rarement à Rosalines, correspondant aux roches qui dans les Alpes occidentales sont groupées sous le terme de *Flysch calcaire* ;
- 2) *Calcaire noir* : en général bien lité, une des roches la plus abondante du Flysch, elle est en général dépourvue de Globigérines ;
- 3) *Calcaire gris, grés-siliceux* : en général finement grenu avec nombreux éclats de quartz toujours anguleux. On y trouve des spicules de Spongiaires et des Globigérines ;

4) *Grès*. — Les grès forment presque toujours des bancs épais de 5 à 30 cm., soit micacés, soit riches en débris de plantes ; ils s'altèrent fortement, surtout quand le ciment est calcaire. Sous le microscope, les spicules de Spongiaires abondent fréquemment. Localement, et surtout dans les grès un peu glauconieux, on rencontre des Foraminifères brisés. La teinte des grès varie suivant leur degré d'altération d'un gris d'acier à un brun rouge et au noir.

5) *Brèches et Microbrèches*. — Outre les galets de jaspes et de calcaires jurassiques à Calpionelles, ce sont les galets de dolomies et de quartz, plus rarement de gneiss, qui forment les principaux éléments de ces roches. Dans une seule des brèches grossières, rencontrée à la base du Flysch, l'élément cristallin domine. On y trouve à côté des petits galets calcaires et dolomitiques, des plages d'orthose, de grandes lamelles de mica et des galets de quartzites ;

6) *Marnes et schistes*. — Les marnes et les schistes sont presque toujours très argileux, de couleur grise jusqu'au noir foncé. C'est surtout dans ces schistes et marnes qu'on trouve les Chondrites et les Helminthoïdes, abondants par place.

Dans aucune des roches du Flysch, il n'y a de Nummulites. On en connaît cependant provenant des calcaires de la base du Flysch, Schaad, qui a étudié la partie inférieure du Flysch, n'a pas réussi à les retrouver.

Je ne peux pas partager l'opinion de Richter (l.c.), qui, dans le Flysch du Vorarlberg, voit un grand synclinal ; il n'en est pas ainsi, tout au moins dans le Walsertal. On est plutôt en présence d'un ensemble dont la base est repliée et dont le sommet, sur lequel chevauchent les nappes austro-alpines, est imbriqué

2) Le Flysch du Praettigau

Quoique le Flysch du Praettigau soit en dehors de la région figurée sur la carte géologique, je lui ai consacré un certain nombre de courses, afin d'établir le parallélisme de ses dépôts avec le Flysch de la zone des Aiguilles d'Arves ou de l'Embrunais, notamment dans l'Ubaye

Les travaux de Trümpy (134) d'abord, de Häfner (180), d'Arni (197) et de Stahel (202) ensuite, ont permis d'établir la constitution et la répartition des principales séries lithologiques qu'on peut distinguer dans le Flysch du Praettigau. Le Nummulitique repose ici sur des schistes d'âge indéterminé, probablement liasique, le contact ayant toutes les apparences d'un passage insensible. Sur ce fait, et sur la trouvaille de Foraminifères crétacés dans des couches considérées alors comme appartenant au Flysch du Praettigau, mais que les travaux récents ont fait ranger dans des unités tectoniques supérieures : soit dans la nappe du Falknis, soit dans la nappe de la Sulzfluh, Boussac a basé l'hypothèse d'une série compréhensive allant du Lias au Nummulitique.

La première succession de couches tertiaires du Praettigau est celle à laquelle Trümpy a donné le nom de *série du Gandawald*. Elle forme à elle seule la moitié du Flysch. Quant aux couches susjacentes, il est difficile de leur assigner un ordre stratigraphique, le plissement et l'écaillage sont si intenses qu'il en résulte un véritable chaos. C'est surtout une zone moyenne affleurant dans les ravins près de Schuders et au-dessus de Seewis, qui a été particulièrement affectée par ces accidents, tandis qu'à la base de la nappe du Falknis un certain alignement se produit, qui simule une série stratigraphique normale.

Le même phénomène se retrouve plus à l'est, au contact du Flysch du Vorarlberg avec les nappes austro-alpines. Là aussi, le Flysch paraît normalement s'enfouir sous ces nappes, tandis qu'un plissement plus ou moins intense se produit au nord de la ligne de chevauchement.

Dans cette *série de Gandawald*, on trouve principalement des calcaires de couleur foncée riches en Fucoïdes, des calcaires gréseux, des marnes et des schistes, plus rarement des grès.

Dans le Rhéticon occidental, étudié par Trümpy, des grès et des arkoses leur sont superposés. L'auteur leur a donné le nom de *grès du Ruchberg*. Partout ailleurs dans le Rhéticon, cette série forme la partie supérieure du Flysch, mais ici elle supporte encore des calcaires et des marnes, qui, au sommet, passent à des grès et à des arkoses, réunis par Trümpy sous la dénomination de *couches de l'Äbigrat* pour les calcaires et les marnes, de *Schistes et grès de Ganey* pour les grès supérieurs. D'après des observations dans le Rhéticon moyen, on est amené à croire que la série normale est plutôt inverse et que les grès du Ruchberg surmontent les couches de l'Äbigrat, qui ne sont que la continuation de la *série supérieure de Gandawald*.

Ces calcaires marneux, calcschistes et marnes qui aux environs de Schuders se trouvent au-dessus des calcaires typiques de Gandawald dans tous les ravins descendant du Gyrenspitz et de Hoch Sagettis, correspondent à ce qu'on désigne sous le terme de *Flysch calcaire* dans les Alpes occidentales. Ce sont, en effet, les mêmes roches qui, dans l'Ubaye et le Haut Verdon, partout dans la zone des Aiguilles d'Arves, affectent ce faciès. On y trouve sous le microscope des Globigérines et des Rosalines, plus rares dans le Rhéticon. Verticalement et latéralement, ces couches peuvent passer à des séries plus gréseuses

phénomène identique dans l'Ubaye et dans le Rhéticon

Häfner et Arni ont introduit des nouveaux termes locaux pour désigner cet ensemble très hétérogène de couches, qui surmontent la série de Gandawald. Ces noms ne répondent à aucun terme stratigraphique et ne peuvent qu'embrouiller davantage la compréhension.

C'est dans les grès de la série moyenne, ainsi que dans les grès et arkoses de la série de Ruchberg qu'on trouve de petites Nummulites. De même dans l'Ubaye, dans des roches identiques, ces Foraminifères se trouvent cantonnés.

Il en résulte qu'au-dessus de la série de Gandawald nous trouvons un ensemble de couches calcaires et gréseuses où les variations et changements de faciès sont fréquents, soit que les calcaires se trouvent à la base, soit qu'ils occupent un niveau supérieur. Cette deuxième zone est suivie d'une série d'arkoses et de grès qu'on appelle les grès du Ruchberg.

Toute cette partie du Flysch, supérieure à la série de Gandawald, prise dans son ensemble, a beaucoup d'analogies, ainsi que je l'ai déjà dit (189) avec le Flysch gréseux ou Flysch noir de l'Ubaye. Trümpy a remarqué, lui aussi, la ressemblance frappante entre le Flysch du Praetigau et celui des Alpes occidentales. Dans sa synthèse stratigraphique, M. Haug (190), en se basant sur ces analogies de faciès et sur la position similaire de ces deux zones par rapport aux massifs autochones et à la zone du Piémont, a tiré la conclusion que le Flysch du Praetigau serait la continuation directe du Flysch de la nappe de l'Embrunais.

J'ai réuni dans le tableau ci-dessous, les caractères des trois zones de Flysch, celle du Praetigau, celle du Vorarlberg et celle de l'Ubaye, ayant eu l'occasion de parcourir cette dernière région sous la conduite même de M. Haug.

Verarlberg

Feldkirch
Bludenz.

Damüls
Sonntag

1 Calcaires et
marnes.

Calcaires et
marnes avec in-
tercalations de
grès, brèches et
microbrèches.

2) Zone des grès

3) Calcaires et
marnes

Calcaires bien
lités

4) Wildthysch

5) Sénonien

Praetigau

1) Grès, arkose, microbrèches
avec Nummulites de la série du
Ruchberg.

2) Calcaires clairs alternant
avec des marnes, avec intercala-
tions de calcaires gréseux et de
rars grès. Série de l'Abigrat.

3, Calcaires noirs, schistes, et
marnes, calcaires gréseux, rars
brèches. Série de Gandawald.

4) Schistes d'âge indéterminé.
Lias ?

Ubaye

1) Zone de grès fins et calcaires,
rars microbrèches surmontées de
schistes, et de calcaires.

2) Calcaires gris, identiques aux
calcaires de l'Abigrat, marnes et
schistes, — beaucoup de grès et
microbrèches. —

Conglomérat à Nummulites

Sénonien.

3) La Nappe du Falknis et la Nappe de la Sulzfluh

Je n'ai pas l'intention de répéter tout ce qui a été écrit sur la stratigraphie de ces nappes, depuis les descriptions que leur ont consacré Seidlitz (72) et Trümpy (134). Nous retrouvons le Jurassique et le Crétacé de la nappe du Falknis accompagnés de quelques lambeaux de la nappe de la Sulzfluh au sud de la Scesaplana, mais toujours étirés et jamais dans un profil normal. Le Jurassique n'est connu que par deux de ses termes, les brèches du Falknis et les calcaires à silex du Jurassique supérieur. Du Crétacé par contre, nous connaissons tous les étages, quoique moins bien développés que plus à l'ouest. Ce sont surtout l'Albien, sous la forme de grès glauconieux, de microbrèches et de quartzites, et le Sénonien, constitué par des calcschistes gris et rouges, appelés couramment *Couches rouges* qui se poursuivent avec une remarquable constance tout le long de la chaîne du Rhéticon. Ils reparaissent au centre même du Vorarlberg, à 18 kilomètres au nord du Rhéticon, en fenêtre près de Bludenz, où Mylius, le seul auteur qui les ait vus, les a confondus avec du Flysch.

On trouve là, accompagnés du Flysch du Vorarlberg et plongeant vers l'est, des grès glauconieux identiques à ceux de l'Albien (Gault), de la nappe du Falknis du Rhéticon. Ils sont associés à des microbrèches à Bryozoaires, que l'on ne peut pas distinguer sous le microscope, des microbrèches analogues de la nappe du Falknis. Dans le ravin de Nüziders, sur la rive gauche, l'Albien est en contact normal avec une lame de Couches rouges. Ce sont les mêmes

calcschistes que nous trouvons dans le Rhéticon aussi bien qu'ici, riches en Globigérines et *Rosalina Linnei*. A leur base apparaît le Wildflysch, de position tout à fait énigmatique. Est-ce du Wildflysch de la nappe du Falknis, du Flysch du Vorarlberg ou du Flysch du Praetigau, ou même un lambeau de la zone d'écaïlles d'Arosa ? Il n'est pas possible de reconnaître à laquelle de ces unités ces roches appartiennent.

4) La Zone d'écaillés d'Arosa

Les imbrications d'Arosa sont dans tout le Rhéticon l'élément tectonique le plus intéressant. Staub. en a fait un curieux mélange d'écaillés d'origines austro-alpines et penniniques, réunissant les ophiolites et les roches en contact avec elles à la nappe de Platta.

a) LE TRIAS DES IMBRICATIONS D'AROSA. —

Les terrains prétriasiques de cette zone sont, à part le Verrucano, d'une origine encore douteuse, ce sont, dans le Rhéticon, les lames de Gneiss au nord de la Drusenfluh et les diorites ou amphibolites entre le Kessikopf et Tilisuna.

Le Trias de la zone d'écaillés d'Arosa est rudimentaire. Nous n'en connaissons dans le Rhéticon, aussi bien qu'aux environs d'Arosa, que des cargneules, des dolomies, du gypse et des grès rouges. Ce que Stahel (202) a rangé encore dans le Trias de cette zone d'Arosa sont des roches de faciès austro-alpin supérieur, appartenant aux écaillés de Salonien, Le Carnien, avec ses grès et schistes, et l'Anisien, avec ses calcaires à entroques de Salonien sont typiques pour le Trias de la nappe du Lechtal, mais n'existent pas dans les imbrications d'Arosa.

b) LES TERRAINS POSTÉRIEURS AU TRIAS. —

Nous connaissons le Rhétien aussi bien dans les environs de Klosters (151) que dans le Rhéticon. Il se présente avec le même faciès de marnes et de calcaires que dans les nappes austro-alpines supérieures.

res. Il est impossible de tirer de cette analogie une conclusion permettant de rapprocher ces dépôts du faciès austro-alpin. M. Haug a en effet (190), démontré la remarquable uniformité de ces couches dans tout le géosynclinal alpin. Le Lias se trouve dans la zone d'écailles d'Arosa sous la forme de calcaires gris et rouges parfois avec silex, et de brèches.

Les seuls termes jurassiques bien reconnaissables sont les radiolarites rouges et vertes. Les calcaires gris qui les accompagnent ressemblent aux calcaires jurassiques de la nappe du Lechtal.

Il est probable que les brèches qu'on trouve si bien développées partout, dans les imbrications d'Arosa, sont, au moins là où elles renferment à côté d'éléments dolomitiques, des morceaux de radiolarites et de calcaires gris jurassiques, d'âge crétacé.

Les roches vertes dans le Rhéticon sont surtout des diabases, des serpentines et, très fréquemment, des ophicalcites, toujours localisées au milieu de la zone d'écailles d'Arosa.

5) La Nappe de la Silvretta

a) Les Gneiss

Dans le Vorarlberg, les gneiss de la nappe de la Silvretta n'ont jamais été étudiés en détail. Koch, le seul auteur qui s'en soit vraiment occupé, n'a donné que de courtes descriptions des courses rapides faites dans la région entre le Rells et le Gauertal. Au sud, par contre, dans la Basse-Engadine, Grubenmann et Hammer ont étudié ces roches en détail. A l'ouest, dans la région située entre Davos et Bergün, le Cristallin de la nappe de la Silvretta fut l'objet d'une étude détaillée de F. Escher (155).

Quoique Koch se soit borné à relever uniquement la répartition des gneiss et des grès rouges et conglomérats du Verrucano, il a cependant constaté que les amphibolites, qui jouent en général, un si grand rôle dans le Cristallin de la Silvretta, ne se trouvent dans cette région qu'en un seul point, où elles atteignent 2 mètres de puissance.

Les trois principaux types de gneiss que je suis arrivé à distinguer dans le Rellstal se retrouvent identiques aux environs du Piz Kesch. On peut distinguer trois types de gneiss, d'abord l'orthogneiss, souvent très leucocrate, et deux types de paragneiss, se distinguant surtout par leur aspect extérieur.

1) ORTHOGNEISS. —

Ce sont des roches de couleur claire. L'épaisseur des lentilles de quartz et de feldspaths atteint fréquemment 1 cm. et davantage. Le quartz est en général de petite taille, il moule de préférence les grands cristaux d'orthose. Lorsque la roche est écrasée, il est à extinction roulante.

Les feldspaths alcalins, orthose et microcline, ou microperthite sont fréquemment brisés ou tordus et suivant leur degré d'altération riches en séricite.

La muscovite domine sur la biotite. Certaines parties des zones d'orthogneiss sont très leucocrates et le microcline y forme de grands cristaux entourés des lamelles de muscovite. Dans cette roche, on rencontre aussi fréquemment une curieuse accumulation d'apatite.

Les minéraux accessoires et secondaires des orthogneiss sont : l'apatite, le zircon, le rutile, le sphène, la chlorite, la séricite et la calcite.

2) PARAGNEISS. —

Gneiss silico-alumineux (*Tonerdesilikatgneisse* de Grubenmann). On peut distinguer deux types de paragneiss : le gneiss finement lité qui figure sur la carte et les profils comme « gneiss lamelleux », c'est le « Geschieferter Silvrettagneiss d'Escher (155) » des environs du Piz Kesch, et le gneiss à lentilles de quartz ; « gneiss lenticulaire » de la carte et « Lenticularer Silvrettagneiss d'Escher. »

Ces paragneiss tendent souvent à passer aux micaschistes, surtout dans les zones qui ont subies des actions mécaniques. Les véritables micaschistes s'y trouvent cependant très rarement et uniquement en lits minces au milieu des gneiss à lentilles de quartz. La composition de ces paragneiss est assez banale mais quelques-uns ont une structure assez curieuse.

a) *Gneiss finement lités.* —

Ils sont de couleur grise ou rose, suivant la quantité de biotite et de muscovite qui entre dans la constitution de la roche.

Le quartz et les feldspaths forment de minces lits clairs, dont en général les feldspaths occupent le centre. A côté de l'orthose, c'est surtout l'albite qui est

développée, plus fréquemment que l'oligoclase-albite. La biotite brune, souvent chloritisée ou décolorée alterne en lamelles minces avec la muscovite. Les grenats de taille moyenne, toujours décolorés et fissurés, sont très abondants dans toutes les plaques minces de ces roches. L'apatite et le sphène, quoique minéraux accessoires, se trouvent localement en grains très nombreux. De même la tourmaline qui, en général fait défaut, peut devenir assez fréquente dans certaines parties de ces gneiss. Le zircon, le rutile et les minéraux d'origine secondaire comme la séricite, la chlorite, etc., sont tout à fait accessoires.

Les micas moulent tous les éléments, ils englobent les grenats porphyroblastiques. Ce sont en général, les feldspaths qui subissent d'abord les actions mécaniques ; ils sont très fréquemment brisés ou tordus. Si la quantité de feldspaths est très petite, c'est le quartz qui devient cataclastique.

b) *Gneiss à lentilles de quartz.* —

Ce sont des roches d'aspect verdâtre, où les quartz et les feldspaths souvent écrasés forment d'épaisses lentilles. Très fréquemment on rencontre des lits de quartz, où ne flottent que sur les bords quelques paillettes de mica. Cet enrichissement en quartz peut être localement très intense. Ce fait est peut-être en rapport avec la naissance de tourmalines macroscopiques qui se trouvent dans ces gneiss verts. Les effets hydrothermaux et pneumatolytiques se manifestent aussi par la formation de filons de quartz et de sidérose, accompagnés de minerais de cuivre, de plomb et de zinc.

Au microscope, le quartz moule toujours les feldspaths ; il est parfois à extinction roulante. L'orthose presque toujours en voie d'altération est riche en petits grains de quartz vermiculé. Ces inclusions se trouvent en général localisées sur les bords des

Feldspaths ; dans une des plaques minces cependant, sur laquelle je reviendrai plus loin, ces petits grains de quartz envahissent tous les cristaux d'orthose et les plages tout entières. Le plagioclase est soit l'albite, soit une oligoclase-albite. La quantité de biotite et de muscovite qui entre dans la constitution de ces gneiss est très variable et l'un ou l'autre des deux micas peut dominer. De même le nombre des grenats varie souvent ; ils sont toujours incolores, de taille différente et fréquemment brisés ou fissurés, ayant cependant leurs formes cristallines régulières. Localement on trouve au milieu des grenats une paillette de séricite, ou des petits grains de quartz.

Les éléments accessoires de ces gneiss sont : l'apatite, le zircon, la tourmaline, le sphène, le rutile et la magnétite.

Dans ces gneiss, qui constituent la plus grande partie des gneiss entre le Rellstal et le Gauertal, on trouve parfois une roche très intéressante où toutes les plages de feldspaths poecilithiques renferment des grenats en petits cristaux réguliers et de petites gouttelettes de quartz.

b) Le Permocarbonifère

En un seul endroit, dans la partie inférieure du ravin qui descend entre Golm et Platzis, vers le Rellstal, j'ai trouvé un conglomérat à la base de la série permocarbonifère. Il se distingue bien des conglomérats du Verrucano, dont il est d'ailleurs séparé par des phyllades et des schistes graphiteux.

On y trouve à côté de galets de quartz bien roulés, qui caractérisent eux aussi le Verrucano, de grands galets de gneiss, empruntés à la base immédiate. La taille de ces éléments va jusqu'à 30 cm. de diamètre. Le ciment est micacé et graphiteux.

Ce conglomérat supporte des phyllades plus ou moins graphiteux, des grès roses à graphite, imprégnés souvent par la sidérose, et des quartzites à tourmaline et à mica..

Le Verrucano proprement dit est formé par des calcaires siliceux jaunes et noirs, des schistes rouges et verts, et principalement par des conglomérats et grès rouges et verts, passant localement aux arkoses. Dans les conglomérats dominent les galets blancs et roses de quartz, de 2 mm. jusqu'à 2-3 cm. de diamètre ; le ciment est rouge ou vert et fréquemment micacé.

Dans les arkoses, on trouve ensemble, avec les quartz cataclastiques et les feldspaths, des tourmalines zonées, des grains de rutile, de sphène et de zircon, accompagnés de séricite.

Les grès et les schistes rouges du Verrucano sont identiques à ceux du Trias inférieur, aussi est-il impossible de distinguer sur la carte les deux terrains.

Le Verrucano affleure surtout dans le Rellstal même, et sur son versant gauche. On le rencontre aussi dans les synclinaux pincés au milieu des gneiss entre le Rells et le Gauertal.

6) Nappes de l'Allgäu et du Lechtal

I. LE TRIAS

a) Les Grès du Trias inférieur

(Scythien ou Werfénien)

La base du Trias ne peut pas être fixée d'une manière certaine. Le passage insensible des conglomérats du Verrucano aux grès rouges du Scythien et l'absence complète de fossiles ne permettent pas de séparer les deux terrains. Dans tout le Trias d'ailleurs, la délimitation des différents étages est rendue difficile par l'absence de restes organiques caractéristiques.

La roche qui domine dans le Trias inférieur est un grès rouge, dont les éléments atteignent au maximum 2mm. de diamètre. Ce sont principalement des grains de quartz, plus rarement de feldspaths, toujours de formes anguleuses. Fréquemment on rencontre des petits galets de 2-4 cm. de diamètre, soit de quartz, soit de gneiss. Entre les bancs de grès sont interstratifiés des lits de schistes et de marnes rouges. Les grès sont très souvent micacés, et renferment parfois en petite quantité des minéraux accessoires, tels que le zircon et le rutile.

A l'est du col d'Arlberg, Skuphos (37) a trouvé dans des marnes, au sommet des grès rouges, les seuls fossiles qui soient connus du Trias inférieur. Ce sont : *Myophoria costata* et *Myacites* sp.

Les grès rouges, comme tout le Trias inférieur et moyen, ne se rencontrent que dans la nappe du

Lechtal. Ils affleurent au sud, dans le Rellstal, au nord, près de Brand. A l'est du Montafon, nous les suivons à travers le Kristberg à Dalaas, où ils forment aussi le noyau de la deuxième écaille de la nappe du Lechtal, celle du Klostertal.

b) L'Anisien

Richthofen employait le terme de « *Virgloriakalk* » (calcaire de Virgloria), pour désigner l'ensemble des couches situées entre les grès rouges du Trias inférieur et les couches de Partnach. A Virgloria cependant, c'est-à-dire plus exactement au col d'Amatschon, leur base n'est pas visible. Dans tout le Vorarlberg, nous ne savons pas si les premiers bancs calcaires, les dolomies ou les cargneules qui surmontent immédiatement les grès rouges, appartiennent à la base de l'étage, ou si une lacune importante les sépare de ceux-ci.

En outre, la faune des calcaires de Virgloria n'est constituée que par des Crinoïdes et quelques Brachiopodes, localisés d'ailleurs dans le tiers supérieur de l'étage.

Il est donc préférable de ne pas prendre le calcaire de Virgloria comme type d'un étage, le Virglorien de Renevier, et d'employer le terme d'Anisien qui est tiré d'une région où ce dépôt est représenté par un faciès à céphalopodes.

A la base de l'étage, on observe soit, comme à Brand, des dolomies en lits minces, soit, comme dans le Palüdbach, et plus au sud dans le Rellstal, des cargneules et des marnes bariolées. Lorsque ce sont des calcaires qui succèdent directement aux grès rouges, il est probable que des niveaux inférieurs ont été supprimés tectoniquement. Le sommet est caractérisé par des calcaires à silex supportés par une alternance de calcaires et de schistes du Ladinien tout à fait inférieur.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

1) *Calcaires à pellicules d'argile* (dits *Wurstelkalk*).

Ils se trouvent bien développés à la base et au milieu de l'étage, alternant parfois avec des dolomies. C'est un calcaire à grain fin, bien lité, de couleur grise ou bleuâtre, à cassure conchoïdale, à la surface rugueuse et traversée de pellicules d'argile ; il renferme des débris organiques indéterminables. En lame mince, on reconnaît des restes de tests de *Lamellibranches* et de *Brachiopodes*.

2) *Calcaires à silex*. —

Trümpy (134) et Arni (197) les appellent *Calcaires de Reifling*. Ce sont des calcaires foncés, toujours régulièrement lités et extrêmement riches en silex, qui se trouvent de préférence au sommet de l'étage. Déjà Trümpy a remarqué que ces silex sont indifféremment au milieu des lits calcaires ou intercalés entre ces lits. Ils sont noirs, souvent en rognons, de forme et de taille très variables, parfois en lits. Le passage du silex à la gangue se fait brusquement, jamais il n'y a de patine, ce qui indique une formation rapide en milieu calcaire. La calcédoine cryptocristalline s'est en partie substituée à la calcite, dont elle moule encore quelques plages échappées à la silicification. Ce sont des *Radiolaires* et des *spicules de Spongiaires*, assez fréquents dans ces jaspes, qui ont fourni la silice. Des veines de calcite en grandes plages mâclées traversent les silex. Elles sont dues à un remplissage des cassures qui se sont produites secondairement.

3) *Calcaires à entroques*. . .

Dans l'Anisien supérieur s'intercalent des calcaires à entroques, constitués uniquement par des débris de *Crinoïdes*. Ils renferment partout des fragments de *Brachiopodes*. C'est le niveau principal qui a

fourni quelques fossiles à Benecke (17), à Richthofen (7), à Eck (31) et à Trümpy (134).

4) Dolomies. —

Quoique surtout développées dans la partie inférieure de l'Anisien, les dolomies n'y sont pas cantonnées. Elles se rencontrent en bancs isolés dans tout l'étage. Le plus souvent de couleur grise, la dolomie est toujours saccharoïde, soit compacte, soit traversée de pellicules d'argile ; localement, elle contient des silex en abondance.

En outre, on rencontre dans l'Anisien, des cargneules de base, des calcaires dolomitiques, des calcaires marneux, des marnes et des schistes, mais leur importance est moindre et leur répartition dans l'étage est des plus irrégulière.

FAUNE DE L'ANISIEN.

Trümpy cite : *Encrinus liliformis* SCHLOTH.

Pentacrinus sp.

Omphaloptychus sp.

Retzia trigonella SCHLOTH.

Cænothyris vulgaris SCHLOTH.

Modolia Bœhmi SKUPHOS.

Benecke cite en outre :

Dadocrinus gracilis SCHLOTH.

Rhynchonella decorata SCHLOTH.

Eck a trouvé à Bludenz en dehors de *Terebratula vulgaris* :

Waldheimia angusta.

Spiriferina hirsuta.

Je ne peux ajouter aucune nouvelle trouvaille aux espèces sus-mentionnées.

RÉPARTITION DE L'ANISIEN.

Au sud, dans le Cristallin de la nappe de la Silvretta, nous rencontrons les calcaires de l'Anisien

accompagnant les synclinaux de grès rouges pincés au milieu des gneiss. La première zone continue de l'Anisien est celle qui, du Lünensee, se dirige vers Salomon. Elle appartient à une sous-écaille de la nappe du Lechtal, et en particulier de sa grande écaille de la Scesaplana, dont la bande méridionale d'Anisien se suit du Rellstal à Vandans, et à l'est du Montafon, de St-Anton jusqu'à Dalaas. C'est au bord septentrional de cette même unité que se trouve la localité classique de Virgloria.

Dans la deuxième écaille de la nappe du Lechtal, l'Anisien se poursuit du Klampnerschroffen, aux environs de Nenzig, jusque vers Bludenz sur la rive gauche de la vallée. A partir de cette ville, tout le long de la rive droite du Klostertal jusqu'au col d'Arlberg, il forme la base de la longue chaîne dolomitique.

Le faciès de l'Anisien reste remarquablement constant dans toute la région étudiée. Si l'un ou l'autre des types lithologiques distingués est localement réduit ou supprimé, c'est certainement dû aux actions tectoniques.

Épaisseur. —

L'épaisseur normale de l'Anisien doit être d'environ 230 mètres.

c) Le Ladinien

On y distinguait toujours deux niveaux : les *Couches de Partnach*, à la base, les *Calcaires d'Arlberg*, au sommet. Certains auteurs, comme Skuphos, ont réuni ces derniers avec le Carnien. Trümpy (134) a fait le premier des couches de passage de l'Anisien au Ladinien un horizon spécial qu'il appelle les *Couches à Daonelles*.

LES COUCHES A DAONELLES.

Ce niveau n'est constant ni en épaisseur, ni par le nombre des lits calcaires qui alternent avec des marnes. La couche fossilifère d'où Trümpy cite *Protrachyceras Reitzi* (Boese) Mojs. sp. et *Daonella Parthanensis* Schafh. est surtout bien développée au nord. Dans la région étudiée, seul le Sacktobel m'a fourni cette dernière espèce, en très mauvais état d'ailleurs. De la présence de ces fossiles, il ressort que ces couches sont bien du Ladinien inférieur, mais il n'est pas impossible qu'une partie des calcaires à silex sousjacents soient du même âge.

LES COUCHES DE PARTNACH.

C'est un ensemble de schistes argileux et de marnes noires, avec à la partie supérieure des intercalations de calcaires marneux, qui à la surface prennent une teinte jaunâtre. Lorsque les couches de Partnach sont verticales, ces bancs ressortent en dents de scie au milieu des schistes noirs. En plaque mince, aucune de ces roches ne décèle de traces d'organismes.

Au sommet, les marnes et les schistes alternent avec des calcaires qui ont le faciès typique des calcaires d'Arlberg. En montant dans la série, ces calcaires prennent un développement de plus en plus considérable pour se substituer finalement entièrement aux couches de Partnach. Ces récurrences de faciès sont surtout bien visibles au sud du col d'Amatschon et dans le Klostertal. Ce sont ces couches qui ont fourni des fossiles à Skuphos.

FAUNE.

Skuphos (40) cite des couches de Partnach les espèces suivantes :

Lingula Christomani SKUPH.

Spiriferina Lipoldi BITTNER.

Rhynchonella faucensis ROTHPLETZ.

Partanosaurus Zitteli SKUPH.

Microleptosaurus Schlosseri SKUPH.

Le fossile le plus répandu est *Bactryllium Schmidt* Heer, qu'on trouve partout dans les couches de Partnach, quoique le plus fréquemment à leur base.

La puissance des couches de Partnach doit être voisine de 200 m. Elle est difficile à estimer, car une pareille zone de marnes et de schistes se prête admirablement à toutes les accumulations et toutes les réductions dues au plissement.

LES COUCHES D'ARLBERG.

a) Calcaires. —

Ce sont des calcaires noirs en bancs épais, se débitant sous le marteau en parallélépipèdes. Localement s'y intercalent des calcaires renfermant des Algues entièrement recristallisées, et des calcaires à *Loxonema* et à *Megalodon*.

Les calcaires bleus noduleux, identiques à ceux de l'Anisien, sont localement riches en fossiles, mais toujours mal conservés. Dans les délités marneux aussi bien que dans les calcaires, on rencontre fréquemment des *Bactryllium*.

b) Dolomies. —

Rarement rubanée, c'est toujours une dolomie à grain fin grise ou noire, qui, par altération, prend une teinte plus claire. Elle passe insensiblement aux calcaires dolomitiques et aux calcaires francs. On la trouve indifféremment à la base où au sommet, quoique le plus souvent ce sont les couches supérieures qui ont subies la dolomitisation.

c) Cargneules. —

Leur répartition est tout à fait sporadique, et il n'est pas possible de reconnaître lesquelles sont d'origine tectonique, et lesquelles d'origine sédimentaire.

FAUNE.

Outre les *Megalodons* et les *Loxonema* partout en

abondance, mais jamais spécifiquement déterminables, j'ai trouvé :

Bactryllium sp.

Modolia cf. *gracilis* KLIPST.

BITTNER, Lamellibranchiaten der alpinen Trias, *Abh. Geol Reichsanst.*, 1895, vol. XVIII, Heft. 1, pl. v, fig. 9.

Fiedler (62) cite en outre, de Bings :

Modolia gracilis KLIPST.

Myophoria sp.

Pecten filiosus.

ÉPAISSEUR ET RÉPARTITION.

Les couches d'Arlberg atteignent jusqu'à 350 m. de puissance. Elles forment dans le Klostertal, sur la rive droite, le grand escarpement qui est dominé par le Norien. La répartition du Ladinien est la même que celle de l'Anisien qu'il surmonte normalement.

d) Le Carnien

De cet étage on ne peut fixer ni la base ni le sommet. L'absence de tout fossile caractéristique ne nous permet pas de reconnaître si une partie des calcaires et dolomies sous-jacents appartient déjà au Carnien, ou si, au contraire, ce que nous rangeons à la base du Carnien n'est pas encore du Ladinien. De même nous ne savons pas si la base du Hauptdolomit correspond à une limite stratigraphique.

On réunit donc, sous le terme de Carnien, l'ensemble des couches très hétérogènes, situé entre les couches d'Arlberg et la Dolomie principale. Dans le Vorarlberg on n'y trouve que quelques restes organiques mal conservés. Ce n'est que plus au sud, dans

la nappe de l'Inntal, que le Carnien devient fossilifère. Le gisement situé le plus à l'ouest est celui de la vallée de Krabach, connu déjà de Richthofen et de Hauer.

En général, on trouve sur le Ladinien, des calcaires, des dolomies ou des cargneules peu épaisses, puis un ensemble de schistes et de grès alternant avec des calcaires et des dolomies, qui se succèdent dans un ordre quelconque. Le sommet de l'étage est occupé par des calcaires, des dolomies et des cargneules. Ces dernières sont accompagnées de gypse, dont l'épaisseur varie considérablement d'un point à l'autre.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

1) *Les dolomies.* —

Elles sont en général très fines, rarement grenues, de toutes les teintes entre un noir foncé et un gris clair. Elles passent aux calcaires par tous les types intermédiaires. Dans certaines dolomies fines, on observe, sous le microscope, de petits éclats anguleux de quartz détritique.

2) *Calcaires.* —

Les calcaires carniens offrent des faciès variés ; à côté de calcaires fins, presque entièrement en calcite, on rencontre des calcaires marneux, dolomitiques ou siliceux, à grains inégaux. En plaque mince, ils ne décèlent pas de microfaune. Ils sont formés soit par de la calcite grenue, soit par un ciment calcaire finement granuleux, englobant de grandes plages de calcite souvent rongées sur leurs bords. Dans les calcaires marneux, il y a parfois des cavités laissées par des fossiles entièrement disparus, et qui sont remplies par de petits cristaux de calcite formant géodes. Les calcaires spathiques sont plus rares, ils montrent alors des tiges de Crinoïdes bien conser-

vées. C'est la roche qui a fourni quelques restes de Gastéropodes. Par contre, il n'y a pas, dans le Carnien, de véritables calcaires à entroques. Des calcaires siliceux ont fourni quelques *Megalodon*. La silice a localement transformé le test de ces Lamelli-branches.

Brèches. —

Les banes de brèches sont intercalés dans les calcaires et dans les dolomies. Leurs éléments varient beaucoup de taille, mais ne dépassent pas 3-4 cm. de diamètre. Ils sont, au moins en partie, empruntés à l'Anisien. Dans une pâte finement grenue, avec éclats de quartz, se trouvent des galets de calcaire et de dolomie, souvent un peu arrondis.

Schistes. —

Les schistes argileux, micacés, de couleur noire, sont entièrement dépourvus de calcite. Ils forment un des niveaux des plus constants et des plus caractéristiques du Carnien.

Grès. —

Ils se trouvent, à quelques exceptions près toujours avec les schistes, soit en alternance, soit au sommet de ces derniers. C'est une roche dure, jaune ou verte, qui renferme souvent en abondance des empreintes végétales. Dans le Sacktobel, dans le Rellstal, ils prennent l'aspect de grauwackes primaires, aspect dû aux vides laissés par des fossiles disparus. Sous le microscope, on reconnaît dans une matière brune ferrugineuse, des éclats anguleux de quartz, de feldspaths et des paillettes de muscovite et de biotite. La glauconie et les zircons sont presque toujours présents.

Gypse. —

Souvent en épaisseur considérable, le gypse se rencontre dans la zone méridionale, le long du Rellstal et aux environs de Brand. Dans le Klostertal, nous l'observons à l'est du Davennakopf et près de Dalaas. Sa localisation ne paraît pas être due uniquement aux influences tectoniques. La puissance originelle de ce dépôt doit avoir été assez différente d'un point à l'autre. Partout où il affleure, se sont formés soit une terrasse structurale que jalonnent de très nombreux entonnoirs, soit de profonds ravins.

Marnes rouges et vertes. —

Elles accompagnent les couches terminales du Carnien. Légèrement micacées comme les schistes noirs, elles renferment des niveaux gréseux.

Cargneules. —

Les cargneules d'origine sédimentaire, se rencontrent surtout dans les parties supérieures de l'étage, où fréquemment elles forment le passage au Norien. Les cargneules d'origine tectonique peuvent se trouver partout, englobant des morceaux des roches sus-jacentes. L'un des exemples des plus frappants, est l'affleurement de cargneules à la Lünérkrinne que j'ai décrit antérieurement (189).

FAUNE ET FLORE.

Dans les grès du Carnien, on trouve partout des empreintes végétales probablement d'Equisétacés et de Cycadés. Heer (5) a décrit *Pterophyllum Jægeri* ; il cite en outre, de Vaduz, deux Coléoptères.

Les calcaires du Carnien m'ont fourni :

Ostrea sp. : Galgentobel, Radonatobel.

Pecten sp. : Galgentobel.

Megalodon triqueter WULF.

(SKUPHOS, Über die Entwicklung und Verbreitung der Partnachschichten etc. *Jahrd. g. R. A.*, vol. 43, Wien 1893, pl. v, fig. 16 a-b).

Galgentobel, Mustrigl.

Loxonema sp.

Itens.

Skuphos cite en outre du Galgentobel :

Myophoria fissicostata GOLDFUSS.

RÉPARTITION DU CARNIEN.

Nous rencontrons le Carnien d'abord dans une zone méridionale qui, du pied de la Scesaplana, se dirige vers la Lünérkrinne, et au-dessous de la Vandansersteinwand, tout le long du Reßtal, jusqu'à St-Anton, où elle traverse le Montafon.

Sous la Scesaplana, le Carnien n'affleure qu'en petits lambeaux écrasés. Le plus souvent il reste caché sous les éboulis de Hauptdolomit. Aucun profil continu n'y existe, quoique la plupart des couches qui constituent le Carnien y soient représentées.

Aux environs du Lünérsee, on trouve tous les termes du Carnien, à l'exception du gypse qui, peu à l'est, à la Lünérkrinne, constitue à lui seul presque tout l'étage. Cette énorme masse de gypse se poursuit sous le Saulenkopf vers l'alpage Vilifau, à sa base dans le Sacktobel, tout le Carnien affleure en une très belle coupe. Le contact du gypse avec le Norien de la Zimba est masqué par les éboulis, son épaisseur est pourtant supérieure à 150 m. Au-dessus de ce gypse affleurent :

- 1) 15 m. calcaires bleus bien lités ;
- 2) 2 m. dolomies grises ;
- 3) 0,6 m. un banc de calcaire gris dolomitique ;
- 4) 1 m. dolomie grise litée ;
- 5) 1,5 m. calcaire gris ;
- 6) 0,4 m. dolomie à grain fin, jaune ;
- 7) 6 m. calcaires bleus lités ;

- 8) 4 m. calcaires gris avec intercalation d'un lit de schiste ;
- 9) 5 m. schistes noirs micacés ;
- 10) 2 m. calcaires lités, bleuâtres ;
- 11) 15 m. schistes noirs et grès ayant un aspect de grauwaackes ;
- 12) 3 m. calcaires jaunes ;
- 13) 0,8 m. brèche dolomitique ;
- 14) 2,5 m. schistes noirs ;
- 15) 1 m. calcaire gris ;
- 16) 1 m. brèche dolomitique ;
- 17) 9-10 m. gypse ;
- 18) 4 m. dolomie gris-jaunâtre ;
- 19) 17 m. schistes et grès fins micacés ;
- 20) 4 m. cargneules ;
- 21) 5 m. gypse ;
- 22) 25-30 m. dolomies passant aux couches d'Arlberg.

Le Carnien du Sacktobel affleure de nouveau dans les profonds ravins de Mustrigl et de Vens, renfermant, là aussi, un niveau de gypse à sa partie inférieure.

Près de St-Anton, dans le Montafon, le Carnien traverse la vallée de l'Il et se continue en trois branches à travers la montagne située entre le Klostertal et le Montafon. La zone la plus méridionale n'offre presque pas d'affleurements ; la branche moyenne est très réduite, et la plus septentrionale est constituée presque uniquement par du gypse.

Si du bord méridional de l'écaille de la Scesaplana, nous nous dirigeons vers le nord, nous rencontrons une deuxième zone d'affleurements du Carnien aux environs de Brand. Immédiatement au sud du village, nous observons sous le Rothorn un Carnien un peu réduit, dont voici le profil :

- 1) 20 m. de cargneules à la base du Norien ;
- 2) 30-40 m. gypse et brèches dolomitiques ;

- 3) 15 m. calcaires lités ;
- 4) 1,5 m. schistes noirs micacés ;
- 5) 5 m. calcaires avec *Megalodon* ;
- 6) 0,25 m. schistes gris argileux ;
- 7) 0,35 m. calcaire noir ;
- 8) 1,5 m. calcaire gris tendre ;
- 9) 3,50 m. schistes noirs argileux ;
- 10) 1 m. dolomie grise ;
- 11) 1,20 m. schistes noirs ;
- 12) 0,10 m. grès argileux ;
- 13) 0,50 m. schistes noirs ;
- 14) 0,25 m. calcaire noir compact ;
- 15) 1 m. schistes noirs ;
- 16) 1,50 m. argiles rougeâtres ;
- 17) dolomies appartenant déjà au Ladinien.

Je me suis servi dans ma note préliminaire de la répartition du Carnien pour délimiter la voûte de Brand. Trümpy a déjà remarqué le grand développement que prend le gypse dans les alpages de Parpfien, au nord de Brand.

Vers l'est, le Carnien de cette même zone d'affleurements coupe l'Alvierbach peu en amont de Bürserberg. Là, son sommet est formé par une grande masse de marnes rouges et de grès roses. En un seul point, les dolomies du Carnien sont visibles au-dessus de Bürs, mais, à partir de là, il n'y en a plus trace jusqu'à Dalaas, où le gypse est exploité. Dans tout le Klostertal, l'Alfenz a creusé son lit dans ces dépôts et les a entièrement recouverts de ses alluvions.

L'examen rapide de l'échelle de la Scesaplana nous a permis de reconnaître que le Carnien y est représenté dans tous ses termes avec une épaisseur considérable, le gypse y jouant un grand rôle. Nous verrons par la suite que ce n'est pas toujours le cas.

La deuxième zone de dépôts du Carnien que nous allons étudier, est celle de la *deuxième échelle de Trümpy*. Cet auteur a donné la coupe du Klampnerschroffen qui est caractéristique pour toute la région

entre Bludenz et Nenzing. Au nord de la ville de Bludenz, cette zone se poursuit dans le Galgentobel et de là, dans toute la chaîne située au nord du Klostertal. Au-dessus de Braz, dans un des nombreux ravins, j'ai noté la succession suivante du haut en bas :

Dolomie du Norien ;

- 1) 50+X m. cargneules ;
- 2) 1 m. gypse laminé ;
- 3) 25 m. calcaires et dolomies en alternances ;
- 4) 4 m. dolomies grises fines ;
- 5) 4 m. schistes noirs micacés ;
- 6) 3 m. marnes et schistes verts avec quelques lits de grès ;
- 7) 20 m. cargneules ;
- 8) 25 m. dolomies grises à grain très fin ;
- 9) 3,5 m. grès vert ;
- 10) 3 m. dolomie jaune ;
- 11) 0,5 m. schistes noirs argileux ;
- 12) dolomies formant le passage aux couches d'Arlberg.

Au Klampnerschroffen, aussi bien que dans le Galgentobel et à Braz, le gypse n'est presque pas représenté. On ne le voit pas non plus dans toutes les coupes étudiées dans le Radonatobel au-dessus de Dalaas. Voici le profil qu'on peut y lever :

- 1) 30 m. de dolomies formant le passage au Norien ;
- 2) 20 m. cargneules ;
- 3) 30 m. dolomies grises ;
- 4) 5 m. calcaires noirs ;
- 5) 1,5 m. schistes noirs ;
- 6) 3 m. calcaires dolomitiques avec Huitres ;
- 7) 1,5 m. schistes noirs argileux ;
- 8) 2,1 m. calcaire noir ;
- 9) 10 m. schistes noirs micacés ;
- 10) 11 m. dolomies grises fines ;

- 11) 1 m. schistes noirs ;
- 12) 50 m. dolomies grises ;
- 13) 5 m. grès fin verdâtre ;
- 14) 6 m. schistes noirs ;
- 15) 0,70 m. grès gris très dur ;
- 16) 4,5 m. grès et schistes ;
- 17) 9 m. dolomies jaunes ;
- 18) 1 m. schistes argileux noirs ;
- 19) 8+x m. dolomies formant un passage insensible au Ladinien.

Nous avons donc tout au moins une épaisseur de 200 m. pour le Carnien de cette zone-ci.

Une dernière bande d'affleurements du Carnien est située tout à fait au bord de la nappe du Lechtal, entre Tiefensee et l'alpage Lagutz. Là, le gypse est de nouveau bien développé, accompagné, comme d'habitude, par les dolomies, les calcaires, les schistes et les grès ; mais l'épaisseur du Carnien reste sensiblement au-dessous de celle que nous avons trouvée entre le Sacktobel et St-Anton.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

La présence du gypse dans les premiers dépôts du Carnien, du Sacktobel et de Mustrigl, nous montre que là, dès l'extrême base de l'étage, s'est établie une zone de lagunes. Lors de la formation des calcaires avec *Crinoides* et *Loxonema*, le milieu franchement marin domine de nouveau. Les calcaires à Huîtres du Galgentobel et du Radonatobel se sont formés à la même époque. Vers la fin de la période, le régime lagunaire s'est rétabli et le gypse, les marnes rouges et les cargneules se sont déposés.

e) Le Norien

La dolomie du Norien est connue dans toutes les Alpes orientales sous le nom de Hauptdolomit (Dolomie principale). La partie supérieure du Norien affecte fréquemment un faciès calcaire dénommé *Plattenkalk* par les auteurs allemands et autrichiens.

1) La dolomie. —

C'est une dolomie très fine traversée de veinules de calcite. Ça et là, on y trouve intercalé un niveau qui renferme des fossiles pour la plupart indéterminables, même génériquement. La teneur en carbonate de chaux est très variable et fréquemment on a affaire à un calcaire dolomitique plutôt qu'à une dolomie.

Localement, et uniquement dans le Norien de la nappe de l'Allgäu, on trouve, cantonnés dans un seul banc, des silex de tailles très variables, le plus souvent bien arrondis. Sous le microscope, ils n'ont décelé aucune trace organique, de sorte qu'il n'est pas possible de reconnaître la source de la silice.

C'est aussi dans la nappe de l'Allgäu que sporadiquement le Norien renferme des dolomies plus ou moins bitumineuses.

Partout, dans le Hauptdolomit, se rencontrent des brèches dolomitiques, soit sédimentaires, soit tectoniques. Est-ce qu'il s'agit d'un remaniement ou d'un phénomène diagénétique ? Nous l'ignorons.

2) Les calcaires dits PLATTENKALKE. —

Ils sont toujours bien lités, de couleur grise ou blanche, à cassure esquilleuse. Le passage à la dolomie sousjacente est très lent et les récurrences de la

dolomie se font sentir jusqu'à la base du Rhétien. Dans la partie supérieure de ces dépôts calcaires, s'intercalent entre les bancs de dolomie, de calcaires dolomitiques et de calcaires, des marnes noires formant ainsi un passage insensible aux couches de *Kössen*.

En plaque mince, on reconnaît, dans les calcaires gris et blancs, des restes de Mollusques, des tiges d'Encrines, des *Biloculines*, à côté d'organismes indéterminables.

Le faciès calcaire peut se substituer aux dolomies à n'importe quel niveau de la partie supérieure du Norien. Il n'est cependant bien développé qu'au sud. Au front de la nappe du Lechtal et dans les écaillés septentrionales de la nappe de l'Allgäu, son épaisseur est réduite lorsqu'il s'y est déposé.

ÉPAISSEUR ET RÉPARTITION.

Là où l'on peut approximativement calculer l'épaisseur du Norien, on arrive à environ 1.000 m. de puissance. Le plus fréquemment, il est impossible de s'en rendre compte à cause des réductions et des accumulations dues au charriage et à l'imbrication. La dolomie principale forme de préférence les sommets, ainsi aux environs de Brand, dans le Klostertal, et à l'est de Sonntag, dans le Walsertal. Morphologiquement, elle est toujours caractérisée par ses gradins sculptés par l'érosion.

Étude générale du Trias

Aucun changement sensible de faciès ne se produit dans les écaillés de la nappe du Lechtal, où seul dans le Vorarlberg le Trias entier est connu. Ce n'est qu'à

partir du Lias que nous observons des variations de faciès dans les nappes austro-alpines, en relation avec la naissance de géanticlinaux.

Le Trias étant un dépôt d'aires d'ennoyage, il est tout naturel qu'il présente une certaine constance de faciès.

A l'est du col d'Arlberg, le Ladinien de la nappe du Lechtal est représenté par les *calcaires du Wetterstein*, qui remplacent les *calcaires d'Arlberg*, c'est au fond le seul changement important qui intervient dans le Trias de cette nappe.

L'unité tectonique la plus méridionale, la nappe de l'Inntal, se distingue surtout par sa richesse en fossiles de l'Anisien et du Carnien, les caractères des dépôts restant à peu près toujours les mêmes.

Nous connaissons cependant, grâce aux travaux d'Eugster (171), un Trias bien différent de celui de la nappe du Lechtal, dans la région du Hochducan. L'Anisien, en calcaires et dolomies, a pu être subdivisé en trois zones. Dans le Ladinien, il n'y a que des dolomies, des cargneules et des calcaires, les couches de Partnach n'existent pas dans cette région. Dans le Carnien, on ne connaît pas les schistes et grès si caractéristiques du Carnien du Vorarlberg. L'analogie de cet ensemble, en partie avec le faciès du Trias de la nappe du Lechtal, d'autre part avec celui des Alpes méridionales, justifie la séparation que Staub (185) a introduite dans le Cristallin de la Silvretta, réunissant sa partie supérieure, celle qui porte précisément le synclinal du Hochducan, avec la nappe de l'Ötztal.

2) Le Rhétien

La partie inférieure du Rhétien est formée par une alternance de schistes, et de marnes avec des calcaires ; ce sont les *Couches de Kössen*. La partie supérieure est constituée par des calcaires blancs, qui ont été décrits sous le nom de *Calcaires du Dachstein*.

La limite inférieure du Rhétien ne peut pas être fixée d'une manière certaine là où le Norien supérieur est bien développé. Je l'ai placée arbitrairement là où apparaissent les premiers bancs de calcaires, riches en sections de Brachiopodes, et alternant avec des marnes et des schistes noirs. Le sommet du Rhétien est toujours facile à reconnaître. Le Lias qui lui fait suite est partout transgressif soit sous la forme de calcaires rouges, ou renfermant localement des galets perforés cimentés dans des marnes rouges.

1) Les Couches de Kössen. —

Les dolomies, les cargneules et les grès si abondants dans le Trias n'apparaissent plus dans le Rhétien. On rencontre surtout des calcaires gris et noirs plus ou moins marneux, souvent très fossilifères, des calcaires à Zoanthaires, des calcaires marneux à *Bactryllium*, etc. La roche la plus caractéristique est une lumachelle noire, formée exclusivement par des Brachiopodes et des Lamellibranches. Tous ces calcaires alternent avec des schistes et des marnes noires.

Les variations de faciès des couches de Kössen sont extrêmement petites, seule l'épaisseur peut changer, et encore est-il difficile de reconnaître si, là où elles sont réduites, ce ne sont pas les actions mécaniques qui les ont laminées.

Le profil suivant, levé aux environs du lac de Formarin, peut donner une idée de la constitution des couches de Kössen.

On y trouve de haut en bas :

calcaires du Rhétien supérieur :

- 1) 4 m. marnes noires, schisteuses, de couleur verdâtre au sommet ;
- 2) 0,90 m. calcaire noir, un peu spathique, avec Zoanthaires et *Terebratula pyriformis* Suess.
- 3) 1 m. schistes noirs ;
- 4) 2,50 m. calcaire noir légèrement spathique ;
- 5) 3,80 m. calcaire noir à Zoanthaires en lits de 15 à 70 cm. ;
- 6) 0,80 m. calcaires noirs alternant avec des marnes noires ;
- 7) 0,30 m. schistes argileux noirs ;
- 8) 3,10 m. calcaire à Zoanthaires ;
- 9) 16 m. calcaires noirs, bien lités, avec Zoanthaires et Brachiopodes ;
- 10) 4,50 m. calcaires marneux noirs ;
- 11) 6,50 m. calcaires noirs alternant avec des marnes ;
- 12) 1 m. marnes noires ;
- 13) 4 m. calcaires gris ;
- 14) 0,80 m. calcaire spathique, un peu bréchoïde ;
- 15) 2 m. marnes noires à *Bactryllium striolatum* ;
- 16) 0,45 m. calcaire gris avec Brachiopodes ;
- 17) 0,15 m. marnes noires ;
- 18) 0,15 m. calcaire noir spathique avec pellicules d'argile ;
- 19) 1,10 m. calcaires noirs à délit marneux avec Huîtres ;
- 20) 1,20 m. calcaire à cassure chonchoïdale ;
- 21) 1,30 m. calcaire gris ;
- 22) 0,60 m. calcaire marneux ;

- 23) 12-14 m. schistes et marnes alternant avec des lumachelles qui renferment *Avicula contorta*, *Terebratula* sp., et de rares Zoanthaires ;
- 24) 0,70 m. calcaire noir passant à une lumachelle ;
- 25) 5 m. schistes noirs argileux ;
- 26) 6,50 m. lumachelle de Brachiopodes alternant avec des marnes noires ;
- 27) 7,50 m. marnes et schistes avec quelques lits calcaires ;
- 28) Sur 60 m. encore alternent les lumachelles et les calcaires avec des marnes qui, à la base, deviennent extrêmement riches en Lamembranches, malheureusement toujours trop mal conservés ;
- 29) 30 m. calcaires et marnes formant le passage au Norien supérieur.

L'épaisseur des couches de Kössen atteint donc plus de 180 m. On trouve surtout bien développés au sommet, les calcaires à Zoanthaires ; à la base, par contre, ce sont les lumachelles qui prédominent sur les calcaires noirs.

FAUNE DES COUCHES DE KÖSSEN.

Bactryllium striolatum HEER.

(ESCHER), Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg, etc. *Neue Denkschriften, Schweiz. Natf. Ges.* 1853, pl. vi, fig. A). Formarin, Scesaplana.

Thecosmilia sp.

Scesaplana, Formarin, Radonatobel, etc.

Rhabdophyllia sp.

Scesaplana, Bärenloch, Formarin.

Spiriferina austriaca SUESS.

(SUESS, Über die Brachiopoden der Kössener
schichten, *Denkschr, Akad. Wiss. Wien. B.* VIII,
1854, pl. II, fig. 5), Überlaut près de Buchboden.

Rhynchonella fissicostata SUESS.

(SUESS, *loc. cit.*, pl. IV, fig. 1-2). Rote Wand.

Terebratula gregaria SUESS.

(STOPPANI, Paléontologie lombarde, 1860-65, pl. XVIII,
fig. 9). Itschgernay Walsertal.

Zeilleria norica SUESS.

(SUESS, *loc. cit.* pl. III, fig. 3). Bärenloch près
Lorüns.

Avicula contorta PORTL.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. X, fig. 19).

Presque partout dans les couches de Kössen.

Gervilleia inflata SCHAFFH.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. XII, fig. 1-4). Wangpass.
Buchboden, Scesaplana, Rote Wand.

Plagiostoma praecursor QUENST.

(QUENSTEDT, Der Jura, 1857, pl. I, fig. 22). Arête
du Glattjöchl (Walsertal).

Plagiostoma punctata SOW.

(SOWERBY, Mineral Conchology, T. II, pl. CXIII, fig.
1-2). Arête du Glattjöchl (Walsertal).

Lima sp.

Formarin.

Pecten sp.

Formarin.

Dymiopsis intrusstriata EMMR.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. XV, fig. 9-16). Scesaplana.

Ostrea cf. *costula* RÆM.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. XV, fig. 6). Überlaut.

Ostrea Hisingeri NILSSON.

(HÉBERT, Recherches sur l'âge des grès à combustibles d'Helsingborg et d'Höganäs, *Annales des sciences géologiques*, 1869, pl. II, fig. 2). Sous Stéris (Walsertal).

Ostrea aff. Pictetiana MORTILLET.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. XXXVII, fig. 8). Stallehr.

Mytilus minutus GOLDF.

(GOLDFUSS, *Petrefacta Germaniae*, pl. XXX, fig. 6). Formarin.

Mytilus Ervensis STOPP.

(HÉBERT, *loc. cit.*, pl. II, fig. 17). Glattjöchl (Itschgernay).

Mytilus cf. psilonoti QUENST.

(QUENSTEDT, *loc. cit.*, pl. IV, fig. 13). Itschgernay (Walsertal).

Nucula sp.

Formarin.

Leda cf. Deffneri OPP. et SUESS.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. XXX, fig. 22).

Cardinia sp.

Wangspitz (Walsertal).

Cardita minuta STOPP.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. VI, fig. 11-18). Formarin.

Cardita austriaca HAUER.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. VI, fig. 1-10). Scesaplana. Brand, Formarin, etc.

Astarte sp.

Formarin.

Anatina praecursor OPP.

(QUENSTEDT, *loc. cit.*, pl. I, fig. 15). Schafberg (Sarotlatal).

Anatina cf. amici STOPP.

(STOPPANI, *loc. cit.*, pl. XXIX, fig. 22). Formarin.

Corbula alpina WINKL.

(WINKLER, Der Oberkeuper, nach Studien in den Bayerischen Alpen. *Zeitschr des Deutsch. Geol. Ges.*, 1861, Bd. 13, pl. VIII, fig. 1). Heimwaldalp (Walsertal).

Mylius cite des couches de Kössen de la nappe de

l'Allgäu les fossiles suivants :

Spiriferina Jungbrunnensis PETZH.

Cassianella speciosa MERIAN.

Pecten simplex WINKL.

Pecten cf. Bavaricus WINKL.

Pecten cf. Mayeri WINKL.

Pecten cf. squamuliger WINKL.

Dymiodon intusstriatum EMMR.

Leda percaudata GÜMB.

Myophoria inflata EMMR.

Megalodon sp.

Myacites WINKL.

Myacites cf. Escheri WINKL.

Dents de poissons.

De la Scesaplana, Seidlitz (93), et Arni (197), citent outre les fossiles déjà mentionnés dans ma liste :

Thecosmilia Omboni STOPP.

Pecten barnensis STOPP.

Pecten janirifrons STOPP.

Corbis depressa RÆM.

Cyrena rhaetiana LEPS.

Cyrena sp. confer STOPP.

Cardita phaseolus STOPP.

Mayer (12) cite du Rhétien de la Scesaplana une Bélemnite :

Bélemnites Meriani MAYER.

LES CALCAIRES DU RHÉTIEN SUPÉRIEUR.

C'est principalement un calcaire blanc ou gris, souvent un peu oolithique. Sous le microscope, il montre dans une pâte calcaire très fine, des plages et des tiges d'Echinodermes, des Miliolles et des débris organiques plus reconnaissables. L'analyse chimique a donné toujours environ 97-99 0/0 de CaCO_3 . Localement, on y trouve des sections de *Megalodon* et des Zoanthaires. Assez rarement ces calcaires sont associés à des calcaires oolithiques. Plus fréquemment, on y trouve des intercalations de marnes rouges.

FAUNE :

Lithodendron sp., partout très abondant.

Terebratula sp., Lorüns.

Megalodon sp., partout très abondant.

Ostrea sp., Lorüns.

L'épaisseur du Rhétien supérieur varie beaucoup suivant la plus ou moins forte transgression du Lias inférieur. Elle atteint un maximum d'environ 70 m. à Lorüns.

Voici le profil levé au sud de la carrière de Lorüns, à partir des couches de Kössen :

- 1) 50 m. calcaires gris clairs avec quelques débris marneux ;
- 2) 3 m. calcaires gris alternant avec des marnes rouges ;
- 3) 1 m. calcaires à Zoanthaires ;
- 4) 3,2 m. calcaires gris ;
- 5) 0,5 m. calcaires à Zoanthaires ;
- 6) 0,8 m. calcaires rougeâtres et lamachelle rouge ;
- 7) 0,8 m. calcaires gris avec quelques petites Térébratules ;
- 8) 0,7 m. marnes, schistes et calcaires marneux rouges :

- 9) 1,4 m. calcaire gris à Zoanthaires ;
- 10) 0,30 m. marnes rouges ;
- 11) 1,1 m. calcaires gris ;
- 12) 0,2 m. marnes rouges ;
- 13) 9 m. calcaires gris avec Zoanthaires et Huitres.

Marnes rouges de la base du Lias.

RÉPARTITION DU RHÉTIEN.

Dans l'écaille de la Scesaplana, le Rhétien est bien développé, notamment au sommet de cette montagne même. Dans la continuation du synclinal jurassique nous le retrouvons dans le Sarotlatal, où son terme supérieur, plusieurs fois replié, constitue le Valbonakopf. C'est surtout le flanc inverse du synclinal de la Scesaplana qui montre le grand développement des calcaires du Rhétien supérieur. Nous le suivons du Wildberg au Valbonakopf et vers l'est jusqu'à Lorüns et Stallehr. Le Rhétien du flanc normal est très réduit et cette réduction n'est sûrement pas uniquement de nature tectonique.

Dans l'écaille du Klostertal, le Rhétien forme le socle du Rothorn et de la Rote Wand, il se continue à l'est de Formarin, à travers le Radonatobel, à Spüllers et au col d'Arlberg. Comme à Lorüns, les calcaires du Rhétien supérieur renferment plusieurs niveaux de marnes rouges.

Le Rhétien des écailles de la nappe de l'Allgäu est partout réduit tectoniquement. Ce n'est qu'à l'est du Schadonapass qu'il reprend son épaisseur normale.

3) Le Lias

Le Lias inférieur est formé par des calcaires rouges ayant surtout le faciès d'Adneth et localement celui du Hierlatz. La partie moyenne et supérieure du Lias est constituée par des calcaires et des marnes tachetées, appelés souvent *Couches d'Allgäu*. La pauvreté en fossiles déterminables rend difficile la répartition des faciès par étages.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

1) LIAS ROUGE. —

a) *Calcaire rouge compact.*

Il est en général bien lité, passant soit aux calcaires légèrement spathiques, soit aux calcaires plus ou moins marneux.

b) *Calcaires rouges bréchoïdes.*

Cette roche ne se trouve pas nécessairement à la base du Lias, quoiqu'elle ait les caractères d'une couche de transgression. On la rencontre surtout à Brand. Sur un fond de calcaire fin rouge, se détachent de gros morceaux aigus de calcaires gris n'appartenant pas au Rhétien supérieur. Il faut supposer que cette roche, d'âge probablement sinémurien, ait emprunté ces éléments à des dépôts inférieurs du Sinémurien ou à l'Hettangien arraché par la transgression. Ces calcaires sont assez riches en Foraminifères : *Dentalina*, *Nodosaria*, *Glandulina*, *Cristellaria*, qui se retrouvent encore dans d'autres calcaires rouges.

c) *Calcaires gris ou roses.*

La couleur rouge est très inégalement répartie dans

cette roche. Elle forme des lèches dans un fond gris. On y trouve de temps en temps des Bélemnites et des Ammonites mal conservées.

d) *Calcaires à Entroques.*

On a coutume de désigner les calcaires à entroques transgressifs et renfermant des Brachiopodes, sous le nom de calcaire du Hierlatz. Il va de soi qu'on ne peut appeler calcaire du Hierlatz, ainsi que le fait Arni (197), un calcaire d'Adneth avec Bélemnites, qui ne se distingue des autres calcaires rouges que par un enrichissement local en tiges de Crinoides.

e) *Calcaires rouges à silex.*

Dans certains bancs de calcaires rouges, la silice s'est concrétionnée sous forme de silex rouges à cassure conchoïdale. Parfois ce sont les tiges de Crinoides qui ont subies dans la même roche la silicification. La silice est en partie détritique, une autre source est dans les spicules de Spongiaires qu'on rencontre quelques fois dans les calcaires rouges d'Adneth.

2) LES COUCHES D'ALLGAU.

a) *Les calcaires.* . .

Ils sont en bancs épais de 10 à 30 cm., toujours bien lités, séparés les uns des autres par des délits marneux. Ce sont ces calcaires plus ou moins marneux qui fournissent çà et là des Céphalopodes. Dans certains niveaux de ces calcaires les silex abondent. Là, comme dans le Lias lombard, ils se trouvent toujours à l'intérieur des bancs calcaires. Sous le microscope, le calcaire fin contient des Globigérines et des spicules de Spongiaires. Rarement et toujours d'une faible épaisseur, on rencontre des lits de calcaires à entroques constitués surtout par des Pentacrines.

b) *Les marnes.*

De couleur grise, noire et verte, les marnes se trouvent surtout au sommet du Lias. Elles sont fréquemment couvertes de taches noires qu'on a prises pour des Fucoïdes et que Rothpletz a considéré comme restes d'Éponges chitineuses. Localement, on rencontre dans la partie inférieure des couches d'Allgäu des marnes rouges très riches en Globigérines qui, par leur aspect extérieur, rappellent les *Couches rouges* du Crétacé.

3) LES CALCAIRES ROUGES DU LIAS SUPÉRIEUR.

Les calcaires rouges d'Adneth occupant le Lias supérieur, ne se rencontrent qu'en une seule zone tectonique. Ce sont des calcaires rouges bien lités avec assez rares concrétions siliceuses ; parfois, ils sont légèrement oolithiques. En lame mince, on reconnaît dans une pâte fine de calcaire, du quartz détritique, des tiges d'Encrines, exceptionnellement des Bryozoaires, des Radiolaires et d'abondants Lagénidés.

FAUNE DU LIAS.

Dans les calcaires rouges du Lias inférieur, j'ai trouvé partout, mais notamment aux environs de Formarin, au Rothorn et à Ganda :

Nautilus sp.,

plusieurs espèces indéterminables.

Arietites sp. ;

Atractites sp.,

Bélemnites indéterminables.

Les calcaires rouges à Crinoides du Hierlatz m'ont fourni, surtout aux environs du Schadonapass :

Rhynchonella latifrons STUR (GEYER).

(GEYER, Liasische Brachiopoden vom Hierlatz, *Abh. k.k. geol. R.A. Wien*, 1889, B. 15, pl. iv, fig. 27) au Schadonapass et près de Buchboden.

Rhynchonella Salisburgensis NEUM.

(NEUMAYR, Zur Kenntnis der Fauna des untersten Lias in den Nordalpen, *Abh. k.k. geol. R.A. Wien*, B. VII, 1879, pl. I, fig. 1). Schadonapass, arête du Glattjöchl.

Rhynchonella plicatissima QUENST.

(GEYER, Liasische Brachiopoden vom Hierlatz, *Abh. k.k. geol. A.R. Wien* 1889, B. xv, pl. VII, fig. 1). Schadonapass.

Des fragments d'Ammonites et de Bélemnites.

Dans les couches d'Allgäu j'ai pu trouver :

Pentacrinus scalaris QUENST.

(QUENSTEDT, Der Jura, 1858, pl. XIII, fig. 56). Itschgernay Walsertal.

Chlamys textorius SCHLOTH.

(GOLDFUSS, Petrefracta Germaniae, pl. 89, fig. 9). Sarotlatal.

Amussium cf. Bellampensis GEMELL.

(GEMELLARO, Sopra alcune faune giuresi e liasiche della Sicilia 1872, pl. xxx, fig. 16). Sous le Blasenka près de Buchboden.

Inoceramus Falgeri MERIAN.

(ESCHER, Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden, *Mém. Soc. Helvét. Sc. Nat.*, V. XIII, 1853, pl. I, fig. 1-8). Feuerstein, Sarotlatal.

Nautilus sp.

Sarotlatal Scesaplana, Radonatobel.

Echioceras Rothpletzi BOESE sp.

(FUCINI, Cefalopodi liassici del Monte di Cetona, *Pallaeontographia italica*, Vol. VIII, 1902, pl. XII, fig. 12 a-12 e). Sarotlatal.

Echioceras raricostatum QUENST.

(QUENSTEDT, Ammoniten des schwäbischen Jura, 1885, pl. XXIII, fig. 1-8). Sarotlatal.

Deroceras sp.

Scesaplana,

Bélemnites indéterminables.

Dans les calcaires rouges du Lias moyen et supérieur j'ai rencontré :

Glossothyris Aspasia MGH. Var. *minor* ZITTEL.

(ZITTEL, Geologische Beobachtungen aus den Central Apenninen *Geognostisch-palaeont. Beiträge* (Be-necke, B. 2, 1869, T. 25, fig. 3 c-d). Tantermaus.

Inoceramus sp.

Stallehr.

Nautilus cf. *lineatus* SOW.

(SOWERBY, Meneral Conchology, V. 1, 1812, pl. XLI, fig. 1-2). Lorüns.

Nautilus sp.

Lorüns et Stallehr.

Phylloceras sp.

Lorüns

Les *Phylloceras* se rapprochent des 4 espèces suivantes, leur état de conservation ne permettant pas une détermination rigoureuse :

Phylloceras Nilssoni HEB.

(MENECHINI, Monogr. du Calc. rouge ammonitique, pl. XVIII, fig. 8-14).

Phylloceras Spadae, MENEGH.(MENEGH., *loc. cit.*, pl. XIX, fig. 1-4).*Phylloceras selinoides* MENEGH.(MENEGHINI, *loc. cit.*, pl. XIX, fig. 5-6).*Grammoceras sp.*

Tantermausus.

Harpoceras sp.

Lorüns, Stallehr.

Hildoceras Levisoni SIMPS.(DUMORTIER, Etudes paléontologiques du bassin du Rhône, 4^e partie, Lias supérieur, 1874, pl. IX, fig. 3-4).
Lorüns.*Hildoceras bifrons* BRUG.(DUMORTIER, *loc. cit.*, pl. IX, fig. 1-2). Lorüns.*Coeloceras sp.*

Lorüns.

RÉPARTITION DU LIAS.

1) *Le Lias de la Scesaplana.*

Il se présente à la Scesaplana même, sous son faciès normal, avec à sa base les calcaires rouges transgressifs sur le Rhétien supérieur, surmontés par les calcaires des couches d'Allgäu. Ces calcaires en bancs épais de 10 à 30 cm. constituent, au nord du sommet de la Scesaplana, le vaste plateau du Brandnerferner. Sous le Wildberg, les radiolarites les recouvrent normalement.

Dans la continuation du synclinal de la Scesaplana nous rencontrons, au-dessous de la paroi de la Fluralp, les calcaires rouges du Lias inférieur, les marnes tachetées, tectoniquement réduites, et au sommet, une alternance de calcaires rouges, dont une partie appartient au Lias supérieur. Les radiolarites y font défaut.

2) *Les environs de Brand et le Sarotlatal.*

Au sud du village de Brand, dans la continuation du flanc normal du synclinal de la Scesaplana, les radiolarites surmontent de nouveau, comme à la Scesaplana, les marnes grises tachetées et les calcaires des couches d'Allgäu. L'écaillage de toutes les couches ne nous permet pas d'établir un profil stratigraphique normal. A partir du Wildberg, près de Brand et dans le Sarotlatal, par contre, le Lias est bien conservé et représenté par tous ses termes. Le flanc normal présente la succession typique de la nappe du Lechtal. Les couches d'Allgäu y sont d'une épaisseur supérieure à 200 m. Il n'en est pas de même dans le flanc inverse de ce synclinal. Les marnes tachetées diminuent considérablement d'épaisseur à leur traversée du Sarotlatal, où elles ont une puissance d'environ 150 m. Elles sont surmontées par 4 m. de calcaires rouges qui se retrouvent aussi à la Zimba. Si nous poursuivons notre synclinal à l'est du Sarotlatal, le Lias reste remarquablement constant dans le flanc normal, tandis que le flanc inverse présente de très curieuses variations de faciès. Sous le Valbonakopf, le Lias rouge, qui renferme des fragments de Bélemnites et de Céphalopodes, notamment des *Ariétites*, est surmonté par les calcaires d'Allgäu qui, là, m'ont fourni quelques Céphalopodes du LOTHARIENGIEN SUPÉRIEUR. Cette couche se retrouvant au milieu des calcaires d'Allgäu, il est possible que les calcaires qui, à sa base, renferment des Céphalopodes indéterminables, soient du LOTHARINGIEN MOYEN ET INFÉRIEUR, sinon encore du SINÉMURIEN SUPÉRIEUR. Les calcaires supérieurs au niveau fossilifère, renferment des *Nautilus* et des fragments d'Ammonites, probablement d'Harpocératidès. Il est certain que tout au moins le PLIENSBACHIEN est encore représenté dans les couches d'Allgäu de cette localité. Il n'a pas pu être démontré sur place.

mais les *Inoceramus Falgeri* ramassés dans l'éboulis démontrent sa présence.

Si en contournant le Valbonakopf, nous suivons le Lias vers l'est, nous constatons pas à pas la diminution d'épaisseur des couches d'Allgäu, de sorte que sous le Kennerberg, le Lias rouge inférieur et le Lias rouge supérieur se soudent.

Nous avons alors en résumé, une transgression sinémurienne et des dépôts de calcaires rouges de cet âge dans toute la région entre le Valbonakopf et la Scesaplana. Dans les couches d'Allgäu, le LOTHARINGIEN et le PLIENSBACHIEN sont sûrement représentés. Le DOMÉRIEN et le TOARCIEN peut-être aussi, sans que jusqu'à maintenant on en connaisse de fossiles. Les calcaires rouges du Lias supérieur de la Zimba et du flanc inverse de notre synclinal sont très probablement d'âge toarcien, par analogie avec les calcaires rouges que nous étudierons plus à l'est.

3) Les environs de Lorüns.

Le Lias que nous avons quitté au Kennerberg se retrouve dans la chaîne du Tantermausus, constitué par une étroite bande de calcaires rouges au-dessus du Rhétien supérieur. Quelques fragments de *Grammoceras* sp. associés à une *Glossothyris Aspasia*, nous permettent de reconnaître l'âge domérien de ce dépôt. Dans sa continuation vers le nord, la carrière nous offre une très belle coupe à travers tout le Lias. Selon l'avancement des travaux, elle subit des changements.

La voici telle que je l'ai relevée en 1926 :

Le calcaire gris du Rhétien supérieur est surmonté par :

- 1) calcaires marneux rouges alternant avec des marnes qui renferment des galets perforés.

Ces galets et les calcaires sont pétris d'Huîtres ; l'ensemble de ces couches a 0,50-1 m. d'épaisseur et représente les couches transgressives du Lias inférieur ;

- 2) 25 m. calcaires gris, en partie oolithiques, qui renferment assez rarement des débris de Rhynchonelles et de Térébratules et de rares Bélemnites ;
- 3) 1 m. calcaire gris marneux ;
- 4) 9 m. calcaire rouge avec silex renfermant des Bélemnites ;
- 5) 2-3 m. calcaire gris passant aux calcaires rouges ;
- 6) 2 m. calcaire rouge, au sommet avec une zone de jaspes ;
- 7) 6 m. calcaire rouge très fin avec fragments de Bélemnites ;
- 8) 1,5 m. calcaire rouge en banc très épais avec Céphalopodes.

C'est la couche fossilifère qui a surtout donné des *Phylloceras*, pour la plupart trop mal conservés pour permettre une détermination spécifique. L'une des faces des Ammonites est fréquemment corrodée, l'autre couverte d'une si épaisse couche d'oxyde de fer et de manganèse que le détail de l'ornementation n'est presque jamais visible.

- 9) 0,20 m. calcaire rose tendre ;
- 10) radiolarites de l'Oolithique.

Comme la série est complète, nous avons donc continuité de sédimentation depuis la transgression des couches à Huîtres jusqu'au niveau fossilifère qui, d'après ses fossiles caractéristiques, comme *Hildoceras bifrons* et *Hildoceras Levisoni*, appartient au TOARCIEN (voir la liste des fossiles page 57). L'analyse chimique du calcaire rouge à Céphalopodes qui me fut communiquée par la Direction du laboratoire

de chimie de l'usine à ciment de Lorüns a donné :

SiO ²	10,25%
Al ² O ³	2,90%
Fe ² O ³	} 2, 0%
FeO	
CaO	45,30%
MgO	2, 0%
Co ²	} 37,15%
H ² O	

Le calcaire gris oolithique a fourni :

SiO ²	0,70%
Fe ² O ³	} 2,10%
Al ² O ³	
CaO	50,95%
MgO	1,43%
Co ²	} 42,30%
H ² O	

La même succession de couches s'observe à l'est de la carrière de Lorüns, derrière le village de Stallehr, avec une différence cependant ; les calcaires gris, n° 5 du profil de la carrière deviennent fossilifères. Ils ont ici 5 à 10 m. d'épaisseur et renferment à la base des fragments probablement d'*Echioceras*, et au sommet des empreintes provenant très vraisemblablement d'un *Grammoceras*. Les calcaires rouges qui plus haut sur la pente apparaissent à leur base, contiennent plusieurs bancs de calcaires rouges à entroques, qui renferment de rares Brachiopodes. Aucun échantillon entier n'a pu être obtenu.

Plus à l'est, le synclinal de la Scesaplana se ferme et nous ne trouvons plus trace du Lias au sud de Braz.

4) La Rote Wand et les environs de Formarin.

Nous abordons maintenant une région plus septentrionale, appartenant à la deuxième écaille de la nappe du Lechtal. A l'ouest du lac de Formarin, au-dessous du Rhétien, le Lias inférieur, sous son faciès de calcaires rouges, est bien développé. Il a jusqu'à

40 m. d'épaisseur, tandis que dans le synclinal de la Scesaplana il ne dépasse jamais 10 m.

Voici la coupe que j'ai levée au sud du Rothorn :

- 1) 11 m. de calcaires rouges bien lités au-dessus des calcaires blancs du Rhétien supérieur ; ils renferment des débris de Brachiopodes ;
- 2) 2 m. calcaires rouges avec silex ;
- 3) 5,5 m. calcaires rouges noduleux ;
- 4) 5 m. calcaires rouges en lits de 0,30 à 1 m. ;
- 5) 10 m. calcaires rouges lités, parfois un peu noduleux ; c'est le principal niveau qui, en outre des Céphalopodes renferme des *Encrines* localement silicifiées et des fragments de dents de poissons ;
- 6) 5 m. calcaires rouges avec Bélemnites ;
- 7) 1 m. calcaire rose passant aux calcaires gris des couches d'Allgäu. La partie inférieure de ces calcaires est très riche en silex. On y rencontre fréquemment des traces de fossiles pyriteux, le plus souvent de Céphalopodes.

Le même Lias rouge se trouve plus à l'ouest à Lagutz, et plus à l'est à Ganda et au nord du lac de Formarin. Les couches d'Allgäu de cette zone présentent dans leur tiers inférieur, une intercalation de calcaires et de marnes rouges passant aux calcaires et aux marnes grises. Cette récurrence du faciès rouge est caractéristique de la deuxième écaïlle de la nappe du Lechtal. Nous la retrouvons dans les écaïlles septentrionales de la nappe de l'Allgäu.

5) *Feuerstein.*

Le Lias du pli frontal de la nappe du Lechtal est conservé au Feuerstein et, plus à l'est, à Legerzu, les calcaires rouges sont de nouveau très réduits. Dans les marnes et calcaires des couches d'Allgäu *Inoc-*

ramus Falgeri et *Polymorphites cf. Jamesoni* qui s'y trouvent, indiquent la présence du **PLIENSACHIEN**.

6) *Le Walsertal.*

Dans la partie supérieure du Walsertal, le Lias des écaïlles de la nappe de l'Allgäu est fréquemment réduit par des actions tectoniques. Lorsqu'il est entièrement conservé, on trouve à sa base les calcaires rouges comme dans la nappe du Lechtal. Dans les couches d'Allgäu les marnes prédominent sur des calcaires. L'épaisseur du Lias est beaucoup plus petite dans les écaïlles septentrionales que dans la zone immédiatement au-dessous de la nappe du Lechtal.

Au Schadonapass, le calcaire rouge d'âge sinémurien est pétri de fragments de Brachiopodes, dont trois espèces ont pu être spécifiquement reconnues (voir p. 55).

On y trouve au-dessus des calcaires du Rhétien supérieur :

- 1) 4-5 m. calcaires rouges et blancs, compacts ;
- 2) 0,2-2 m. calcaires rouges à entroques ;
- 3) 1-3 m. calcaires rouges et blancs bréchiformes, riches en Brachiopodes avec quelques fragments de Bélemnites et d'Ammonites.

Dans les couches d'Allgäu s'intercalent fréquemment des calcaires gris à entroques et des lits de calcaires gréseux.

En résumé, nous constatons que le Lias s'est en général déposé sous le faciès de calcaires rouges, qui occupent sa base, et que les marnes et calcaires des couches d'Allgäu n'apparaissent que dès le **LOTHARINGIEN**. Dans chacune des deux nappes, les couches deviennent moins puissantes vers le nord, c'est-à-dire vers le front de la nappe. Ce n'est que plus au sud et dans la partie orientale de la nappe du Lechtal que nous rencontrons un faciès spécial, où les couches d'Allgäu font défaut, et où nous connaissons

le DOMÉRIEN et le TOARCIEN sous la forme de calcaires rouges d'Adneth.

LE LIAS A L'EST DU VORARLBERG.

(Voir le tableau p. 68-69)

Immédiatement à l'est de la région étudiée, nous rencontrons dans la continuation de la deuxième écaille de la nappe du Lechtal, c'est-à-dire du Klostertal, le Lias rouge et les couches d'Allgäu aux environs du col d'Arlberg où le Lias entier est réduit. Il reparaît très puissant dans une écaille qui, plus au nord, va en s'amincissant vers le village de Lech.

Dans la nappe de l'Allgäu des environs de Schröcken, le Lias, qui est la continuation de celui que nous avons vu dans le Haut Walsertal, est également connu sous ces deux termes, calcaires rouges et Fleckenmergel. Ces marnes et calcaires ont fourni à Mylius (88) des fossiles du PLIENSBAHIEN et du DOMÉRIEN.

Dans le Lechtal, aux environs de Holzgau, on trouve, d'après Haniel (96), le Lias inférieur en calcaires gris et rouges très peu épais, surmonté par la puissante série des marnes tachetées (Fleckenmergel), qui ont fourni quelques espèces du LOTHARINGIEN, du PLIENSBAHIEN et du DOMÉRIEN, le TOARCIEN et l'AALÉNIEN n'ayant laissé aucune trace de fossiles. Plus au nord, Schulze (69) a décrit le Lias rouge appartenant à la nappe de l'Allgäu, riche en *Lyto-ceras* et *Phylloperas*, qui est immédiatement surmonté par des calcaires, des Fleckenmergel d'âge pliënsbachien. Pour la première fois depuis le Rhéticon, le Lias rouge envahit aussi le Lotharingien qui, à la Scesaplana, a encore le faciès des couches d'Allgäu. Les niveaux supérieurs des Fleckenmergel renferment, d'après Schulze, des Céphalopodes du DOMÉRIEN et du TOARCIEN.

Tout à fait au bord septentrional de la nappe de l'Allgäu nous connaissons, depuis les travaux de Boese (35), le Lias sous forme de calcaires du Hierlatz transgressifs sur le Norien. Les Brachiopodes trouvés à Hindelang sont du Lias inférieur et moyen. Ces dépôts transgressifs de la nappe de l'Allgäu ne sont plus connus vers l'est, où à Vils, le Lias de cette nappe est constitué par les marnes tachetées. Rothpletz en a décrit une faune du SINÉMURIEN, du LOTHARINGIEN, du PLIENSBACHIEN et du DOMÉRIEN. C'est au front de la nappe du Lechtal qu'on retrouve les calcaires du Hierlatz représentant le SINÉMURIEN et le LOTHARINGIEN. Ils sont suivis de calcaires blancs à Brachiopodes du Lias moyen et des calcaires rouges à Céphalopodes et à Brachiopodes du TOARCIEN et de l'AALÉNIEN.

Partout dans les Alpes de Bavière, nous trouvons au nord : les Fleckenmergel de la nappe de l'Allgäu, et au sud : les calcaires du Hierlatz des écailles frontales de la nappe du Lechtal. A Hohenschwangau, Boese (38-42) a trouvé une faune très riche, allant du SINÉMURIEN à l'AALÉNIEN.

Les environs d'Ammergau ont été étudiés par Soehle (47 et 49). Les couches d'Allgäu, continuation de celles de Hohenschwangau, y ont donné quelques fossiles du SINÉMURIEN, du LOTHARINGIEN, du PLIENSBACHIEN et du DOMÉRIEN.

Dans la nappe du Lechtal de cette région, le Lias inférieur est représenté par des calcaires siliceux, riches en spicules de Spongiaires. C'est l'HETTANGIEN avec *Schotheimia angulata*, que nous trouvons à partir d'Ammergau sous ce faciès de calcaires siliceux, dans toute la région bordière de la nappe du Lechtal. Le calcaire du Hierlatz du Lias inférieur et moyen le surmonte normalement.

Entre la Loisach et l'Isar, à la Benedicktenwand et aux environs de Lengries, dans les marnes tachetées, tous les étages du Lias sont représentés à partir

du Sinémurien, avec une faune abondante de Céphalopodes (102).

Près du Tegernsee, même l'Hettangien a un faciès marneux fossilifère. On trouve vers l'est, à la place du calcaire du Hierlatz de la nappe du Lechtal, des calcaires siliceux bien développés.

La partie centrale de la nappe du Lechtal, que nous avons quittée à Holzgau, se continue normalement vers l'est à Ehrwald, où elle se réunit avec une zone plus méridionale qui longe la paroi septentrionale de la Heiterwand. Aux environs d'Ehrwald, le Lias rouge qui, plus à l'est, ne montait que jusqu'au sommet du Lotharingien et qui, aux environs de Brand, n'atteignait que le Sinémurien, renferme ici des Céphalopodes à la fois du SINÉMURIEN, du LOTHARINGIEN et du PLIENSBACHIEN.

Les couches d'Allgäu qui surmontent ce Lias rouge ont fourni des Ammonites du DOMÉRIEN, du TOARCIEN et de l'AALÉNIEN. Plus au nord, dans la région de Partenkirchen, le Lias que décrit Heimbach (44) est déjà très appauvri. On n'y connaît que des calcaires gris, siliceux, surmontés de marnes tachetées, c'est-à-dire un faciès qui se rapproche déjà sensiblement de celui du front de la nappe du Lechtal que nous venons d'étudier.

Le Lias est bien développé de nouveau au nord du Karwendel, dans la continuation de la zone d'Ehrwald. A Mittenwald, c'est le Lias rouge inférieur et moyen qui est représenté. Au Pfonsjoch, le Lias entier est en calcaires rouges, dont l'Hettangien, en calcaires rouges lités, est extrêmement riche en *Psiloceras*. Ils sont surmontés par des calcaires à entroques du Lias inférieur et moyen. Le Domérien et le Toarcien sont de nouveau très fossilifères et ont le faciès de calcaires rouges argileux, noduleux.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Dans les deux nappes, celle du Lechtal et celle de l'Allgäu, le Lias est plus bathyal au sud qu'au nord. Vers le front de la nappe son épaisseur diminue toujours et le faciès à Céphalopodes est remplacé par des calcaires à Brachiopodes ou des calcaires siliceux. Les changements de faciès de l'Ouest à l'Est se font en général très lentement. Nous avons vu comment dans la partie moyenne de la nappe du Lechtal, les calcaires rouges occupent peu à peu tout le Lias. Seule son écaille la plus septentrionale, qui est celle de la Scesaplana, présente ce même changement de faciès sur une très courte distance.

TABEAU DES FACIÈS DU LIAS
entre le Vorarlberg et l'Achensee (Tirol)

UNITÉS TECTONIQUES	ÉTAGES	N	Zitterklapfen ↳ Lorüns	Hindelang ↳ Arlberg	Vils ↳ Zams	Hohenschwangau ↳ Imst	Ammergau ↳ Wetterstein	Herzogstand ↳ Zirl	Benedikten- wand ↳ Innsbrück	Lengries ↳ Achensee
Front de la nappe de l'Allgäu	Aalénien	W	Zitterklapfen	Hindelang						
	Toarcien									
	Domérien		Couches d'Allgäu							
Partie méridionale de la nappe de l'Allgäu	Pliensbachien		Calc. rouges du Hierlatz	Calc. rouges du Hierlatz						
	Lotharingien									
	Sinemurien									
Partie méridionale de la nappe de l'Allgäu	Hettangien		Walsertal		Vils (N)	Hohenschwangau	Ammergau N	Herzogstand N		Lengries
			Couches d'Allgäu	Couches d'Allgäu	Couches d'Allgäu	Couches d'Allgäu	Couches d'Allgäu	Couches d'Allgäu	Couches d'Allgäu	Schistes Marnés
			Calc. rouges d'Adneth							Calc. siliceux
					Vils (S)	Hohenschwangau	Ammergau S	Herzogstand S		

Partie méridionale de la nappe du Lechtal	Aalénien Toarcien Doménien Pliensbachien Lotharingien Sinémurien Hettangien	Holzgau		Heiterwang	Ehrwald	Mittenwald	Pfonsjoch
		Couches d'Allgau		Couches d'Allgau	Couches d'Allgau		Calc. rouges d'Adneth
		Calc. rouges d'Adneth		Calc. rouges d'Adneth	Calc. rouges d'Adneth	Calc. rouges du Hierlatz	C. à entroques
						C. rouges à Brachionodes	Calc. rouges d'Adneth
Écaille du Rhostertal	Aalénien Toarcien Doménien Pliensbachien Lotharingien Sinémurien Hettangien	Rote Wand	Zürs-Valluga				
		Couches d'Allgau	Couches d'Allgau				
		Calc. rouges d'Adneth	Calc. rouges d'Adneth				
Écaille de la Saasaplana	Aalénien Toarcien Doménien Pliensbachien Lotharingien Sinémurien Hettangien	Lotüns					
		Calc. rouges d'Adneth	Calc. rouges d'Adneth				
		Calc. gris Lotharingien	Calc. gris Lotharingien				
		Calc. gris oolithiques	Calc. gris oolithiques				

IV) L'Oolithique

Seuls les dépôts du Jurassique tout à fait supérieur peuvent être datés d'une manière précise. Du BAJOCIEN au KIMERIDGIEN, aucune trace de fossiles ne nous permet de ranger les couches en étages. Nous ne savons pas s'il y a des lacunes entre le Lias et le Tithonique et où elles se trouvent. En général, les couches d'Allgäu qui ont donné partout des fossiles liasiques sont surmontées par des radiolarites. Est-ce que la partie supérieure des Fleckenmergel représente l'Oolithique inférieur, ou le Bajocien et le Bathonien font-ils défaut ? Nous l'ignorons. On range en général les radiolarites dans le CALLOVIEN, sans que pour la région en question cela puisse être prouvé. Les calcaires gris et rouges qui les surmontent ont donné fréquemment des *Aptychus* d'âge tithonique.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

1) Radiolarites.

C'est une roche siliceuse, plus ou moins calcaire, qui renferme en abondance des Radiolaires. Le fond de la roche est soit un calcaire très fin, soit de la calcédoine cryptocristalline, accompagnée alors de résidus de calcite. Les fissures qui la traversent sont remplies soit par de la calcite, soit par de la calcédoine fibreuse. La composition chimique montre que la teneur en CaCO_3 est assez considérable :

CaCO_3	{	
SiO_2	{	40,4%
Al_2O_3	{	
Fe_2O_3	{	5,6%
CaO		25, %
Co^2	}	
H_2O	}	20, %

Les radiolarites, de couleur rouge, verte, brune ou noire, forment en général, toujours des lits de 10 cm. au maximum, séparés les uns des autres par de minces délits marneux.

2) *Calcaires gris.*

Les calcaires gris compacts, fréquemment de plus de 100 m. d'épaisseur aux environs de Brand, surmontent les radiolarites. Sous le microscope, on trouve dans une pâte fine calcaire, à côté de petits éclats de quartz, des plages de calcite, avec vestiges d'un réseau échinodermique, des Radiolaires et des Lagenidés.

3) *Calcaires gris à silex (Calcaires à APTYCHUS).*

C'est en général un calcaire bien lité avec des silex en cordons renfermant partout des *Calpionelles* et des Radiolaires.

4) *Calcaires gris bréchoïdes.*

Ils se rencontrent fréquemment au sommet du Jurassique avec en abondance des Globigérines et des Textulaires. Les plages de calcite et les éclats de quartz y sont plus fréquents que dans les autres calcaires gris.

5) *Calcaires et marnes rouges.*

Très souvent bréchoïdes, ces calcaires rouges alternant avec des marnes rouges, sont localement pétris de débris d'*Aptychus*. On les rencontre surtout dans la nappe de l'Allgäu où ils passent aux véritables lumachelles à *Aptychus*.

6) *Calcaires gris à Brachiopodes.*

C'est un calcaire très fin, gris ou blanc qui, à côté de Radiolaires et de spicules de Spongiaires, renferme d'abondants restes de Brachiopodes, en particulier de

Térébratules. Il se trouve localisé au bord tout à fait septentrional de la nappe de l'Altgäu.

FAUNE DE L'OOLITHIQUE.

Terebratula sp.

Kunkelspitzen, Überlaut A.

Aptychus obliquus QUENST.

(FAVRE, Fossiles des couches lithoniques des Alpes fribourgeoises. *Mém. Soc. pal. Suisse*, V. VI, 1880, pl. III, fig. 13).

Aptychus lamellosus GÜMB.

(GILLIÉRON, Alpes de Fribourg en général et Montsalvens en particulier. *Mat. carte géol. Suisse*. Livr. XII, 1873. pl. IX, fig. 6 et 7). Kunkelspitzen, (Überlaut A.).

Aptychus latus PARK.

(FAVRE, *loc. cit.*, pl. III, fig. 11). Rothorn (Formarin).

Aptychus punctatus VOLTZ.

(FAVRE, *loc. cit.*, pl. III, fig. 14-15). Kunkelspitzen (Überlaut A.).

Aptychus laticostatus GÜMB.

(GILLIÉRON, *loc. cit.*, pl. IX, fig. 8). Kunkelspitzen (Überlaut A.).

Aptychus sparsilamellosus GÜMB.

(GILLIÉRON, *loc. cit.*, pl. IX, fig. 6-7). Kunkelspitzen (Überlaut A.).

Aptychus cf. *Beyrichi* OPP.

(FAVRE, Description des fossiles du terrain jurassique de la Montagne des Voirons. *Mém. Soc. pal. Suisse*. V. II, 1875, pl. VII, fig. 11). Wandfluh Kungswald (Wälsertal).

Bélemnites indéterminables.

RÉPARTITION DE L'OOLITHIQUE.

A la Scesaplana, c'est-à-dire plus exactement au-dessous du Wildberg, les radiolarites débutent par un mince lit d'une brèche calcaire, fréquemment marneuse. On y trouve comme éléments, des petits fragments de calcaires gris et noirs. Les radiolarites rouges en lits de 5 à 10 cm. sont surmontées par des marnes rouges ou des calcschistes rouges. Je ne vois aucun motif permettant de supposer, ainsi que le fait Arni (197), qu'elles soient significatives d'un retrait de la mer. Les calcaires gris et blancs du Jurassique avec des silex au sommet n'ont donné aucun fossile macroscopique. L'épaisseur du Jurassique moyen et supérieur est de 220 m. à la Scesaplana.

Au sud de Brand, le flanc normal du synclinal de la Scesaplana montre, au-dessus des calcaires rouges du Lias supérieur, une série de calcaires rouges bréchoïdes, qu'Arni range respectivement dans le Lias, le Dogger et le Malm, faisant de cet ensemble, sans le dire expressément, une série compréhensive. En face de Brand, le profil normal de la Scesaplana s'est rétabli. Il forme jusqu'à la Nonnenalp le flanc normal du synclinal. Dans le flanc inverse, visible surtout dans le Sarotlatal, les radiolarites font partout défaut ou sont tout au moins réduites à quelques minces lits, au milieu de calcaires rouges qui surmontent le Lias rouge. Le Jurassique supérieur est en calcaires gris, dont le sommet est riche en silex. Cette zone se continue vers Lorüns, le Jurassique entier y est partout très réduit. A la Zimba, le profil normal de l'Oolithique s'est rétabli. Les calcaires rouges du Lias supérieur y sont surmontés par :

- 1) 15 m. radiolarites vertes et noires ;
- 2) 2-3 m. radiolarites rouges ;
- 3) 40 m. calcaires gris jurassiques ;
- 4) 30 m. calcaires gris avec silex ;

5) 2-8 m. calcaires gris bréchoïdes à la base du Crétacé.

Dans la deuxième écaille de la nappe du Lechtal, à la Rote Wand, les radiolarites, vertes à la base, rouges au sommet, atteignent au maximum 20 m. de puissance. Elles supportent 2-3 m. de calcaires blancs et rouges avec jaspes rouges, suivis de 5 m. de calcaires gris avec silex. La partie terminale du Jurassique varie constamment de puissance suivant la plus ou moins forte transgression du Crétacé. Ce sont toujours des calcaires gris et blancs renfermant, au sud du Rothorn, des Bélemnites et plus rarement des *Aptychus*, dont seul, *Aptychus latus* a pu être spécifiquement reconnu. Sur le versant nord de la Rote Wand, ces calcaires ont au maximum 40 m. de puissance. Vers l'est, le Jurassique supérieur diminue encore plus fortement d'épaisseur. Au Gehrengrat, la coupe suivante fut levée :

- 1) 15 m. radiolarites vertes ;
- 2) 3 m. radiolarites rouges ;
- 3) 0,80 m. calcaire rouge, compact ;
- 4) 4 m. calcaires rouges noduleux avec fragments d'*Aptychus* ;
- 5) 6 m. calcaires blancs avec silex ;
- 6) 1,8 m. calcaire gris, compact ;
- 7) 2 m. calcaires blancs bien lités.

L'Oolithique de l'écaille la plus méridionale de la nappe de l'Allgäu est celui qui, du Hochfrassen près Bludenz, se dirige vers Lagutz et Klesenza. Les radiolarites vertes et rouges y sont très bien développées et atteignent jusqu'à 40 m. d'épaisseur. Elles sont surmontées par des calcschistes rouges et verts, toujours un peu siliceux et des calcaires blancs et gris bien lités, avec plusieurs niveaux riches en silex. Ces calcaires gris qui ont localement, sous le Hochfrassen, plus de 100 m. de puissance, dominent fortement vers l'est. Entre Partnom et Lagutz, on ne trouve plus que 50 m. de ces calcaires qui ici, passent nor-

malement au Crétacé. A Klesenza, les calcaires rouges prennent un plus grand développement entre les radiolarites et les calcaires gris.

Dans les écaïlles moyennes de la nappe de l'Allgäu l'Oolithique est souvent tectoniquement réduit, pourtant on rencontre tous les types de roches que nous avons vus plus au sud.

Au Metzgerobel la coupe est complète. On y trouve :

- 1) 7 m. radiolarites rouges avec quelques lits de calcaires rouges au sommet ;
- 2) 80 m. calcaires gris, localement roses ou rouges avec des lits de silex ;
- 3) 3,20 m. calcaire rouge à entroques ;
- 4) 1,80 m. calcaire rouge avec Bélemnites ;
- 5) 0,50 m. calcaire rouge marneux en lits minces ;
- 6) 3,40 m. marnes grises ;
- 7) 0,80 m. calcaires marneux rouges ;
- 8) 1,30 m. calcaires rouges bien lités ;
- 9) 1,10 m. calcaire rouge noduleux ;
- 10) 1 m. calcaire rouge compact, à nodules d'oxyde de fer et de manganèse.

Au Rothorn, près du Schadonapass, dans la continuation de cette zone du Metzgerobel, tout le Jurassique supérieur est en calcaires gris et rouges, mais n'a que 50 m. d'épaisseur seulement. Les calcaires gris et rouges alternent d'une façon tout à fait quelconque, ils sont tous bréchoïdes. A la base, affleure une véritable brèche rouge, englobant des morceaux de radiolarites et de calcaires gris.

L'Oolithique de l'écaïlle du Zitterklapfen nous offre quelques profils très intéressants, malheureusement les niveaux fossilifères se trouvent le plus fréquemment là où les accidents tectoniques ne permettent plus de rétablir la succession normale des couches.

Au-dessus des radiolarites vertes, se trouvent comme partout, les radiolarites rouges qui au som-

met, alternent avec des calcaires plus ou moins siliceux. Ce sont ces calcaires rouges siliceux qui renferment des *Aptychus* tithoniques, dont la liste a déjà été donnée. L'âge tithonique de ces couches est certain. Dessus reposent des calcaires gris à silex qui, eux aussi, quoique plus rarement, renferment des *Aptychus*. De rares fragments de Bélemnites et de Brachiopodes se trouvent encore dans les calcaires rouges.

Tout à fait au nord, dans l'écaille la plus septentrionale de la nappe de l'Allgäu, l'Oolithique est très réduit. On trouve dans l'Aefintobel :

- 1) 2-3 m. radiolarites tectoniquement réduites ;
- 2) 8 m. calcaires gris avec nombreuses Térébratules ;
- 3) 4,80 m. calcaire rouge noduleux ou bréchi-forme, passant à une lumachelle à *Aptychus* ;
- 4) 1 m. calcaire gris, un peu siliceux.

Le profil stratigraphique (1) met en évidence les changements de faciès de l'Oolithique. Nous voyons ainsi que pour le Lias, qu'une forte réduction des couches s'effectue dans chaque nappe du Sud au Nord. Pour la nappe du Lechtal, nous avons constaté que dans les deux écailles, l'épaisseur de l'Oolithique diminue non seulement du Sud au Nord, mais aussi de l'Ouest à l'Est. De plus de 200 m. à la Scesaplana, il est réduit à 100 m. environ à la Zimba, et encore davantage plus à l'est. A la Rote Wand, dans la deuxième écaille, d'un maximum de 120 m. sur la face sud, il n'atteint que 35 m, à l'est, au Gehrengnat.

Il se peut, et sur ce nous n'avons aucune donnée paléontologique, qu'une partie des couches d'Allgäu représente l'Oolithique moyen.

De même, est-il impossible de dire si l'épaisseur de ces Fleckenmergel représentant l'Oolithique infé-

rieur, varie de la même façon que les radiolarites et les calcaires du Jurassique supérieur ; nous ne savons naturellement non plus si les radiolarites reposent toujours sur les couches de même âge ou s'il y a une transgression sur différents termes du Lias ou de l'Oolithique.

Dans la nappe de l'Allgäu, la diminution d'épaisseur se produit uniquement du Sud au Nord. En général, on trouve les calcaires rouges surtout accompagnant les radiolarites et au-dessous des calcaires gris. Localement cependant, et aussi bien dans la nappe du Lechtal que dans la nappe de l'Allgäu, ils se développent tout à fait au sommet du Jurassique.

L'OOLITHIQUE A L'EST DU VORARLBERG.

La réduction sensible de l'Oolithique entre la Rote Wand et le Gehrenglat est encore plus accentuée vers l'est, dans la continuation de cette écaïlle vers l'Arlberg. Les radiolarites font défaut aux environs de Zürs (118). Le Tithonique seul est représenté par des calcaires rouges et gris bréchiformes, des calcaires à entroques et des marnes rouges, ayant fourni à part des *Aptychus* : *Pygope diphyæ*. Plus au nord, dans l'écaïlle inférieure de la nappe du Lechtal, les radiolarites réapparaissent accompagnées de calcaires gris très puissants et de calcaires rouges à leur base. A Holzgau et ses environs, cette série a 300 m. d'épaisseur. Là, les calcaires gris renferment des *Aptychus*. Ce sont les mêmes calcaires gris qui, à la Scesaplana, sont dépourvus de fossiles. Dans la nappe de l'Allgäu, il est impossible de suivre en détail les variations de faciès, tout au moins dans la région étudiée par Mylius, cet auteur (88), s'étant borné à un résumé des principaux types de roches, sans donner les détails de leur répartition.

Au sud d'Oberstdorf, au Höfehr, les marnes tachetées sont surmontées par des calcaires gris siliceux. des marnes noires et des calcaires cristallins, suivis des radiolarites, le tout ayant 50 m. d'épaisseur. La base des calcaires à *Aptychus* est représentée, comme au Zitterklapfen, par des calcaires rouges et des marnes rouges, avec quelques lits de jaspes rouges. En tout, le Jurassique a au moins 300 m. d'épaisseur. Aux environs de Hindelang, les calcaires du Hierlatz sont surmontés par des calcaires rouges à entroques de l'Oolithique inférieur et par les calcaires gris tithoniques. Dans la nappe de l'Allgäu, à Vils, ce faciès de bordure n'existe plus. Les radiolarites et les calcaires à *Aptychus* constituent seuls l'Oolithique. Par contre, au front de la nappe du Lechtal, qui déjà au Lias fut envahi par un faciès de transgression, s'observe un phénomène analogue dans l'Oolithique.

Les calcaires blancs et rouges à Crinoïdes et à Brachiopodes, sont connus à la fois au Bajocien et au Callovien.

Aux environs de Vils même fut trouvé l'ARGOVIEN avec *Peltoceras transversarium*, c'est dans toutes les Alpes calcaires septentrionales le seul endroit où on le connaisse.

A Hohenschwangau, dans la région d'Ammergau, et encore plus à l'est, l'Oolithique de la nappe de l'Allgäu est toujours représenté par des radiolarites et des calcaires gris, tandis que dans la nappe du Lechtal, se sont des calcaires rouges à entroques, identiques à ceux du Lias, et de puissants calcaires siliceux, qui ne constituent alors que l'Oolithique inférieur. Encore plus à l'est, on connaît, au-dessus du Lias, aux environs du Schliersee (107), le KIMERIDGIEN à *Aspicoderas acanthicum* et le TITHONIQUE formé de calcaires gris à *Aptychus* avec des zones très siliceuses.

Dans la partie moyenne de la nappe du Lechtal, l'Oolithique, tel que nous l'avons vu aux environs de Holzgau, se continue très puissant sous le même faciès à travers toute la région entre la vallée du Lech et le Karwendel. A Mittenwald, Rothpletz cite la présence du KIMERIDGIEN avec *Aspidoceras acanthicum*.

V) Le Crétacé

Le Crétacé de la nappe de l'Allgäu, aussi bien que celui de la nappe du Lechtal, peut être transgressif sur le Jurassique supérieur ou en concordance parfaite. Mais l'absence de fossiles rend le plus souvent difficile la distinction de divers étages, la microfaune des Foraminifères ne permettant de reconnaître que le CÉNOMANIEN et le SÉNONIEN. Quand il y a passage insensible du Jurassique supérieur au Crétacé, il faut que le NÉOCOMIEN soit cependant représenté.

Le Crétacé est le dernier dépôt des nappes austro-alpines de cette région, et comme le sommet des marnes grises et noires qui le constituent principalement est entièrement dépourvu de tout fossile, nous ne pouvons pas même reconnaître si c'est toujours le même niveau qui le constitue. Il est probable que le Crétacé tout à fait supérieur ait le plus souvent été enlevé par l'érosion.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

1) *Conglomérats.*

Le ciment des conglomérats est soit calcaire ou marneux, soit siliceux. Les éléments, le plus souvent de 1-2 cm., atteignent jusqu'à 5 cm. de diamètre. Ce sont des galets bien arrondis de quartz, de jaspes rouges, blancs et verts, des galets de calcaires gris jurassiques, de dolomies fines, de calcaires à Bryozoaires et plus rarement de gneiss ou de schistes cristallins. La plupart des roches qui se trouvent dans ces conglomérats sont empreintées au Jurassique. Les dolomies et les gneiss sont beaucoup moins fréquents que les galets de jaspes et de calcaires juras-

siques. Dans le ciment, on trouve, à côté d'éléments détritiques : de quartz, d'orthose, d'albite, de glauconie et de chlorite, de rares Foraminifères, surtout des Rosalines. Localement leur test est silicifié. Dans certains conglomérats on rencontre en galets de gros Bryozoaires ; soit que ces Bryozoaires aient été empruntés à une roche — quoique nous ne connaissions pas de roches à Bryozoaires dans le faciès austro-alpin de cette contrée — soit, ce qui est plus probable, qu'ils aient vécu dans la mer lors de la formation de ces conglomérats.

2) *Microbrèches.*

Les microbrèches reposant toujours immédiatement sur le Jurassique, lui ont emprunté la plupart de leurs éléments. Dans le ciment parfois entièrement recristallisé, on trouve encore des plages de calcite avec un réseau échinodermique. Ces roches renferment à Spullers, à l'est de la région étudiée, et plus rarement à la Rote Wand, *Orbitolina concava* Lmk, parfois de très grande taille.

3) *Calcaires gréseux bréchoïdes.*

Les calcaires gris gréseux passent fréquemment aux calcaires à entroques. En bancs bien lités, ces calcaires occupent de préférence la base du Crétacé. Très souvent on y rencontre en lame mince des Bryozoaires et des Rosalines.

4) *Grès à ciment calcaire.*

Ces grès passent parfois aux calcaires siliceux. Ils alternent avec des marnes dans toute la partie moyenne et supérieure du Crétacé. Les seuls restes organiques qu'ils renferment sont des spicules de Spongiaires, des Radiolaires et des Globigérines. Les éléments détritiques sont surtout des débris de quartz de forme anguleuse, de rares feldspaths et sphènes.

accompagnés de sérícite et de pyrite, localement aussi de la glauconie.

5) *Calcaires marneux.*

De couleur rose ou grise, ces calcaires passant aux marnes renferment souvent de nombreux Foraminifères, des Rosalines, des Textulaires et des Globigérines, à côté de rares spicules de Spongiaires.

6) *Marnes grises et noires.*

Ces marnes grises et noires à Globigérines constituent la plus grande partie du Crétacé. Leur teneur en argile est très variable, quand elles sont plutôt des calcschistes que des marnes elles ressemblent fortement aux calcschistes gris des couches rouges de la nappe du Falknis. Dans certains niveaux, surtout à la partie supérieure, les marnes deviennent siliceuses ou gréseuses et forment des lits durs au milieu des marnes tendres.

Voici une analyse de ces marnes un peu siliceuses :

SiO ²	32,40%
Al ² O ³	11,65%
Fe ² O ³	4,90%
CaO	26,10%
MgO	1,00%
CO ² +H ² O	23,20%

7) *Marnes rouges.*

Les marnes rouges, alternant avec des marnes gris clair, sont particulièrement bien développées dans l'écaille la plus septentrionale de la nappe de l'Allgäu. Jamais elles ne sont accompagnées de grès.

Au microscope, on observe dans une pâte extrêmement fine, de rares Radiolaires et de nombreuses Globigérines à test épineux avec de petites Rosalines, parmi lesquelles se trouve *Rosalina Linnei* d'ORB. Il est certain que nous sommes en présence

du Crétacé supérieur, identique aux *couches rouges* de la nappe du Falknis et de la Sulzfluh. De ci de là, on y trouve des prismes d'Inocérames.

FAUNE DU CRÉTACÉ.

Outre les Foraminifères, dont seules *Orbitolina concava* LMK, et *Rosalina Linnei* d'ORB. ont pu être déterminées, la faune du Crétacé est très pauvre. A Lorüns fut trouvée une Ammonite écrasée, probablement un *Lytoceras*. Dans les calcaires, les fragments de Bélemnites sont plus fréquents. Il est cependant certain que les marnes renfermaient une faune qui localement pouvait être très riche. On rencontre partout des traces de Céphalopodes et de Lamembanches pyriteux, dont les seuls contours assez vagues sont visibles.

RÉPARTITION DU CRÉTACÉ.

A la Scesaplana, les calcaires bien lités du Jurassique supérieur alternent avec les marnes grises du Crétacé, mais cette zone de passage ne mesure que 2-3 m., puis le faciès marneux domine définitivement. Aucune transgression n'est visible et il faut admettre que tout le Crétacé inférieur est représenté dans ces marnes. Ceci n'a d'ailleurs rien d'anormal, le Néocomien étant connu plus à l'est, dans la partie la plus méridionale de la nappe du Lechtal. La partie supérieure des marnes est plus gréseuse et plus siliceuse que la base, tandis que plus à l'est, à Lorüns, les marnes siliceuses se trouvent déjà très fréquemment à la partie inférieure des marnes.

Nous ne savons pas quelle était l'épaisseur originale de ces dépôts, déjà en partie enlevés par l'érosion. Entre le Wildberg et le Mottenkopf, 100 m. de marnes surmontent les calcaires jurassiques.

Le synclinal de la Scesaplana, avec son noyau de

Crétacé, se poursuit, souvent écrasé, de la Fluralp au Saroblatal et jusqu'à Lorüns. Là, dans la carrière où ces marnes sont exploitées, on trouve à leur base, tectoniquement réduits, des calcaires gris et jaunâtres sans Foraminifères. Les marnes noires y ont fourni, à côté de l'Ammcnite écrasée que j'ai mentionnée, des fragments de Lamellibranches, soit de *Pecten* ou de *Lima*.

Au sommet de la Zimba, et sur sa face orientale, se trouve une lame de marnes crétacées pincée au milieu des calcaires jurassiques. Là, dans ce repli du synclinal de la Scesaplana, nous observons, pour la première et unique fois dans cette unité, la transgression du Crétacé supérieur. Au-dessus des calcaires gris du Jurassique, qui forment le sommet même de la Zimba, on trouve, en descendant un peu vers la paroi septentrionale, des calcaires gréseux, presque bréchoïdes, qui renferment en abondance des Rosalines, des Globigérines, des Textulaires et des Lagenas. Ce calcaire supporte les marnes grises et les calcschistes de la paroi est.

Dans la deuxième écaïlle de la nappe du Lechtal, le Crétacé forme le sommet de la Rote Wand. Nous sommes là dans une zone où la transgression du Crétacé est manifeste. Ampferer (118, 186), qui en venant de l'Arlberg a suivi ce synclinal jusqu'à Spullers, l'a partout rencontré avec les microbrèches à *Orbitolina concava* à la base.

Voici le profil de la Rote Wand :

au-dessus des calcaires jurassiques :

- 1) 15 m. de calcaires spathiques avec rares silex, peut-être encore du Tithonique ;
- 2) 0,10 calcaires marneux gris ;
- 3) 1,0 m. calcaires à entroques ;
- 4) 0,15 m. marnes grises ;
- 5) 0,30 m. calcaire noir siliceux ;
- 6) 2,0 m. calcaire gris à entroques ;

- 7) 0,10 m. grès à grain fin ;
- 8) 0,40 m. calcaire gris spathique englobant des morceaux de calcaires gris jurassiques et qui passent latéralement à une microbrèche avec *Orbitolina concava*, renfermant de rares silex ;
- 9) 0,60 m. calcaire gréseux avec Bélemnites ;
- 10) 0,80 m. schistes noirs avec quelques lits gréseux de 2 à 5 cm. d'épaisseur ;
- 11) marnes et grès très puissants formant toute la partie supérieure de la Rote Wand.

Au sommet du Formaletsch, nous retrouvons les couches de passage du Jurassique au Crétacé ; elles affleurent aussi au Gehrenglat, où nous trouvons la succession suivante au-dessus du Jurassique supérieur :

- 1) 4 m. alternance de marnes grises et de calcaires gris ;
- 2) 0,80 calcaire rouge un peu spathique, avec Globigérines et Rosalines ;
- 3) 4 m. alternance de marnes grises et rouges avec des calcaires gréseux et des calcaires à entroques. On y trouve des fragments de Bélemnites et de beaux Bryozoaires ;
- 4) marnes et calcaires gréseux formant l'arête du Gehrenglat, ce sont toujours 30 cm.-2 m. de marnes surmontées d'un lit de 3-5 cm. de grès ou de calcaires gréseux durs. A la base, on trouve fréquemment, dans les marnes, des empreintes pyriteuses de Lamellibranches et de Céphalopodes.

Dans la nappe de l'Allgäu, le Crétacé de l'écaille la plus méridionale a une analogie frappante avec celui de la Scesaplana. Aux environs des atpages Hutla et Klesenza, les calcaires gris alternent sur 10 m. avec des marnes, le passage du Jurassique au Crétacé étant tout à fait insensible. Au-dessous du Madonakopf, les marnes et grès fins sont bien dé-

veloppés et atteignent plus de 200 m. d'épaisseur. Par contre, dans les écailles moyennes de la nappe de l'Allgäu, le Cénomanien débute par un conglomérat de base. Nous le rencontrons plus à l'ouest dans le ravin du Steinbach, où il renferme des Rosalines et des Bryozoaires. Plus à l'est, au Metzgerobel et à Legerzu, nous le retrouvons avec les mêmes galets, toujours à peu près de même dimension. L'épaisseur des marnes et des grès varie énormément d'un point à l'autre et l'ordre des couches est rarement respecté, ce qui est bien compréhensible, puisque c'est sur ce terrain que chevauchent les écailles imbriquées les unes sur les autres.

Dans l'écaille du Zitterklapfen, le Crétacé est très réduit tectoniquement, on n'y rencontre que des lambeaux de marnes grises et rouges.

Tout à fait au nord, dans la dernière écaille de la nappe de l'Allgäu, le conglomérat de la base du Crétacé devient très puissant, il peut atteindre 20-30 m. d'épaisseur. Dans le ravin d'Aefintobel, il est supprimé, mais au nord du Blasenka, il est en contact avec des marnes rouges.

Les calcaires rouges et gris clair à *Rosalina Linnei* et prismes d'Inocérames qui jalonnent le contact de la nappe de l'Allgäu avec le Flysch du Vorarlberg depuis le Kresshorn jusqu'à Seeberg près de Sonntag, représentent selon toute probabilité le Sénonien.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

(Voir profils 1 et 2, Pl. I)

Il est probable qu'au point le plus méridional de la nappe du Lechtal et de la nappe de l'Allgäu, où il y a apparence d'un passage insensible du Jurassique au Crétacé, le Néoconien entier est déposé sous le faciès de ces marnes grises. Partout ailleurs où se trouvent les microbrèches à *Orbitolina concava*, ou les conglomérats à Rosalines, le Crétacé débute par le Céno-

manien. Au point le plus septentrional enfin, où sur les conglomérats se trouvent les marnes et caleschistes rouges et gris, c'est un niveau encore plus élevé du Crétacé qui est transgressif sur le Jurassique. Ce faciès de caleschistes rouges et gris que nous connaissons sous le nom de « Marbres en plaquettes », de « Couches rouges » et de « Seewerschiefer », est remarquable par son ubiquité, qui a été mise en évidence par M. Haug (190). En effet, il existe dans les nappes helvétiques, dans la zone des Aiguilles d'Arves, dans le Briançonnais, partout dans les Alpes occidentales. Nous le rencontrons également en Suisse dans les Préalpes romandes, et dans les nappes du Falknis et de la Sulzfluh dans les Grisons ; enfin, ici, dans le faciès austro-alpin.

LE CRÉTACÉ (à l'exception des Couches de Gosau)
A L'EST DU VORARLBERG.

Dans plusieurs notes (118, 186), Ampferer a insisté sur la transgression du Cénomanién dans la région de l'Arlberg. Partout c'est à peu près le faciès identique du Crétacé que nous avons vu au Gehrengrat et à la Rote Wand. Les mêmes couches avec *Orbitolina concava* se trouvent dans la nappe de l'Allgäu, dans la continuation de la zone crétacée du Metzger-tobel et de Legerzu, figurées sur la carte de Mylius soit comme Flysch, soit comme Lias. Au bord septentrional de la nappe de l'Allgäu, l'ALBIEN apparaît pour la première fois. Aux environs de Vils, le NÉOCOMIEN existe fossilifère, il est recouvert transgressivement par le CÉNOMANIEN, surtout représenté par des conglomérats. Au bord de la nappe du Lechtal, le Néocomien est inconnu, l'ALBIEN et le CÉNOMANIEN sont transgressifs. Encore plus à l'est, à Hohenschwangau, et aux environs d'Ammergau, le CÉNOMANIEN est transgressif sur le Norien de la nappe du Lechtal,

tandis que dans la nappe de l'Allgäu, il repose sur du Jurassique. Soehle y a trouvé une très riche faune.

Aux environs de Holzgau, le Crétacé que Haniel (96) a étudié, n'est plus transgressif. Les calcaires à *Aptychus* passent insensiblement aux marnes et schistes crétacés dont le sommet est formé par des schistes à Globigérines du SÉNONIEN. Dans la partie orientale de la nappe du Lechtal, le NÉOCOMIEN est partout connu dans la zone la plus méridionale, sur laquelle chevauche la nappe de l'Inntal. Les marnes et calcaires, qui se substituent insensiblement au Jurassique supérieur, ont décelé çà et là une faune de Céphalopodes.

VI) Le Quaternaire

Dans la vallée de l'Ill, le glaciaire occupe toutes les terrasses structurales. Ainsi, dans le Montafon, par exemple au Rellseck, à St-Bartholomaeberg, à Ietzmund, dans la vallée de l'Ill, près de Bludenz, à Latz, à Ludescherberg, etc. Le glacier de l'Ill a pénétré dans tous les vallons latéraux. Dans le Brandnertal, il a atteint l'embouchure du Sarotlatal à 4 km. de Bürs, c'est-à-dire de la vallée actuelle. A Nenzing, il pénètre à plus de 5 km, dans la vallée de Gamperdon. Les glaciers locaux ont déposé le plus souvent leurs moraines par dessus celles du glacier de l'Ill.

Dans le Scesatobel, les roches éruptives apportées par le glacier de l'Ill, se trouvent jusqu'à 1.600 m. A Muttersberg et dans le Gailgentobel, on trouve les dépôts du glacier du Klostertal, qui s'est réuni avec celui de l'Ill jusqu'à 1.500 et 1.700 m. Le long du Klostertal, les témoins de la dernière glaciation se trouvent jusqu'à environ 2.000 m. Ampferer (186) indique 2.200-2.300 m. comme altitude maximale de la glace à cette époque.

Dans tous les vallons secondaires, on rencontre les stades du retrait des glaciers sous forme de moraines frontales, parfois très bien conservées. Dans le fond même des vallées tributaires de la vallée de l'Ill, on rencontre dans le Brandnertal, dans le Gamperdonatal et plus loin encore, des conglomérats glaciaires dans lesquels les cours d'eau actuels ont creusé leur lit épigénétique. Ampferer (77) les a décrits en détail. Il a pu montrer qu'ils reposent sur des moraines de fond et que leurs surfaces ravinées supportent aussi des moraines de fond.

Dans l'énorme masse de Glaciaire qui occupe le Scesatobel et le Rhonatobel, on a trouvé une défense d'*Elephas primigenius* au-dessus de Bürserberg.

DEUXIÈME PARTIE -- TECTONIQUE

1) LE HAUT RELLSTAL ET LA CHAÎNE FRONTIÈRE DU RÉTHICON

L'écaillage de la nappe de la Sulzfluh dans le Rhéticon est bien connu depuis les travaux de Seidlitz (72). Les couches rouges qui séparent les différentes lames jurassiques peuvent localement être complètement arrachées ou écrasées, de sorte qu'au premier coup d'œil, on croirait être en présence d'un seul et puissant dépôt. D'après Stahel (202), l'épaisseur normale du calcaire tithonique serait d'environ 150 m. Cette puissance est sûrement inférieure à la réalité. A la Drusentfluh, aussi bien que plus à l'est, où l'écaillage est moins intense qu'à l'ouest de Partnun, on arrive à une puissance d'au moins 200 à 250 m. La première écaille, qui chevauche sur la nappe du Falknis est la seule qui est accompagnée à sa base, çà et là, de granites verts écrasés. Le paquet entier de ces écailles, qui forme la haute muraille de la chaîne frontière, n'est séparé que par une zone très réduite de roches de la nappe du Falknis, du Flysch du Praetigau qui, sur une très vaste étendue, constitue le soubassement des deux nappes, quelques soient leurs accumulations et leurs réductions. La zone d'écailles d'Arosa qui, au nord de la chaîne frontière, au-dessus de la nappe de la Sulzfluh, s'enfouit sous le Cristallin de la nappe de la Silvretta ou les écailles triasiques, est encore, quant à ses origines, le sujet de nombreuses discussions sur lesquelles je reviendrai plus tard.

Stahel a réuni avec la zone d'écailles d'Arosa, un certain nombre de couches triasiques, que j'ai rangées

avant lui (189) dans une écaille indépendante, et appartenant plutôt à la base de la nappe du Lechtal. Stahel n'a pas méconnu que le faciès de ce Trias est plutôt celui du Trias de cette nappe. Je ne connais nulle part, dans les imbrications d'Arosa, un Carnien comme celui du Krenzjoch qui, par ses schistes et grès est symptomatique du Carnien de la nappe du Lechtal. La seule raison que Stahel invoque, pour faire de ces roches un niveau de la zone d'écailles d'Arosa, est leur plongement sous le Cristallin de la nappe de la Silvretta. Ce plongement du Trias sous le Cristallin, n'est pas du tout caractéristique pour les environs du Kessikopf. Nous trouvons encore en face de l'alpage inférieur de Salonien, un Carnien s'enfouissant sous le Cristallin, ce Carnien qui se dirige vers l'ouest, appartient sûrement encore à la nappe du Lechtal. Si nous descendons du Schweizer-tor vers Salonien, nous traversons, au nord du Kessikopf, toutes les petites écailles triasiques de la zone d'écailles de Salonien. A l'est de cet alpage, affleure la dolomie soit du Carnien, soit du Norien. Les schistes, au nord du P. 2.293, qui figurent sur la carte de Stahel comme Lias, appartiennent soit au Ladinien, soit au Carnien. Entre les deux alpages de Salonien, l'Anisien, avec des calcaires à entroques, s'étend jusque vers le ravin, dit Kirchtoibel, où affleure le Carnien, surmonté par une étroite lame de Verrucano, auquel fait suite immédiatement le gneiss du Golmerjoch.

En descendant sur la rive gauche du Rellstal, on coupe peu au-dessus des cabanes supérieures de Salonien, le gneiss, dont on ne voit la continuation ni à l'est ni à l'ouest, en raison des éboulis et des moraines qui couvrent cette région. En descendant sur le sentier même de l'alpage supérieur à l'alpage inférieur, on traverse les dolomies observées sur la pente droite, puis l'Anisien et les couches de Partnach. Près du P. 2.030 affleure le Carnien, continuation de celui

du Kirschtobel et séparé de l'écaille du Rossberg par des grès rouges.

L'ÉCAILLE DU ROSSBERG.

De l'alpage de Salonien jusqu'au Lünersee, les terrains triasiques de la crête forment une écaille indépendante qui ne se soude à l'écaille de la Scesaplana qu'à partir du lac. A l'est, près du ruisseau du Rellstal, elle est jalonnée des deux côtés de grès rouges du Trias inférieur. A la Lünerkrinne, le Ladinien et le Carnien apparaissent au nord de l'Anisien (prof. II, Pl. III). Entre le Schweizertor et le Cavelljoch, les écailles de Salonien se réduisent et la zone d'écailles d'Arosa butte au nord contre l'écaille du Rossberg.

2) LE VERSANT DROIT DU RELLSTAL.

A partir de l'alpage Salonien, toute la pente au sud et à l'est du Rellstal est formée par les gneiss (prof. III, pl. III), dans lesquels sont pincés des synclinaux de grès et de conglomérats.

Si nous montons des cabanes de Rells vers l'alpage Platzis, nous rencontrons au-dessus des éboulis et des moraines qui masquent la partie inférieure de la pente, les gneiss verts lenticulaires, souvent riches en veines de quartz, qui s'intercalent partout dans les paragneiss. Ils sont surmontés par le gneiss fin à texture lamelleuse qui, au milieu, renferme des phyllades et des schistes à graphite fortement écrasés. Les gneiss gris et roses, à texture lamelleuse qui les enveloppent sont là très riches en grenats et en tourmalines. Plus haut, ils sont de nouveau remplacés par les gneiss verts lenticulaires que nous avons rencontrés à la base et qui supportent là une étroite zone d'orthogneiss. Malheureusement, l'éboulis et le glaciaire interrompent la continuité des affleurements

et ce n'est qu'au-dessus de l'alpage Platzis, que nous retrouvons des gneiss fins lamelleux, avec au milieu, une mince bande de paragneiss à texture lenticulaire.

Dans le lit du Golmbach, affleurent à l'embouchure du ruisseau des grès rouges et des schistes plongeant vers le sud, tandis que sur le versant gauche du Rellstal le plongement des mêmes couches est au nord. Là où le petit sentier venant de Gauen traverse le ravin, les grès rouges supportent d'abord des schistes graphiteux, des phyllades, des grès à graphite et finalement le conglomérat de base reposant sur des paragneiss à grenats. Cette zone de gneiss est très peu épaisse, elle se lamine vite vers l'ouest, ainsi que les roches sédimentaires qui lui sont superposées. C'est une seconde série de grès à graphite, de conglomérats, d'arkoses et de schistes renfermant quelques lits de calcaires siliceux dont on ne peut pas indiquer l'âge. A 1.200 m., le dernier banc de Verrucano est recouvert par des gneiss appartenant à une lame supérieure. C'est cette écaille qui, en amont de l'embouchure du Golmbach jusqu'aux cabanes de Rells, entre en contact avec les grès rouges du Trias inférieur.

Tout à fait à la base de cette écaille affleurent des orthogneiss, qu'on voit très nettement à l'ouest de l'embouchure du Golmbach, mais qui, dans le lit même du torrent, sont très réduits.

Ils supportent des paragneiss verts passant à 1.500 m. environ, aux gneiss fins lamelleux. Nous sommes donc dans la continuation de la zone que nous avons rencontré entre Rells et Platzis et que nous appelons : *Écaille du Golmbach inférieur*.

L'orthogneiss qui, au-dessous de Platzis, la surmonte, et que nous retrouvons à Göm, constitue la base d'une nouvelle écaille : celle de Platzis. Il supporte à Platzis même, une puissante série de paragneiss, où dominant surtout la variété fine lamelleuse et le Verrucano que nous poursuivons jusqu'au

Grüneck où il traverse en deux branches l'arête qui sépare le Rellstal du Gauertal. L'arête du Golmerjoch et toutes les arêtes qui s'en détachent vers le nord forment une nouvelle écaille, que j'appelle, d'après le plus haut sommet qu'elle constitue : *Écaille du Golmerjoch*.

Si de Rodund, au sud de Vandans, nous montons dans le ravin d'Auenlatsch vers Golm, nous traversons d'abord les calcaires d'Arlberg, ensuite les couches de Partnach, et finalement l'Anisien d'une écaille indépendante : celle de *Tschagguns*, qui est partout entourée de roches cristallines. Elle est surmontée par des paragneiss fins, lamelleux et les paragneiss lenticulaires de l'écaille du Golmbach inférieur. Au niveau de Schandang, il apparaît au sommet de cette série une lame d'orthogneiss, suivie de paragneiss lenticulaires qui, à 1.200 m., dans le ravin même, aussi bien que plus au nord, supporte des calcaires siliceux, noirs ou gris, probablement de l'Anisien, suivis des grès rouges du Trias inférieur et du Verrucano. A Schandang, au-dessus des dernières cabanes, le gneiss fin lamelleux à grenats affleure à la base de l'écaille de Platzis.

Partout, entre le ravin de l'Auenlatsch et le torrent du Golmbach, dans cette région couverte d'éboulis et de moraines, la partie inférieure de la pente est formée par l'écaille du Golmbach inférieur, la partie supérieure, par l'écaille de Platzis.

Le paragneiss qui, à l'embouchure du Golmbach, apparaît à la base de l'écaille du Golmbach inférieur, occupe vers l'est le ravin même du Rellstal. C'est ce gneiss qui affleure, riche en grenats, derrière les dernières maisons de Vandans et qui, de ce village jusqu'au Kristberg, forme la base de l'écaille de la Scesaplana.

3) LA RÉGION ENTRE LE RELLSTAL ET LE BRANDNERTAL

C'est dans cette région, que l'écaïlle de la Scesaplana prend son plus beau développement. On peut y distinguer les deux flancs du synclinal de la Scesaplana et le pli de la Zimba, dont les axes sont dirigés à peu près parallèlement aux deux vallées.

a) LA RIVE GAUCHE DU RELLSTAL.

De Vandans dans le Montafon jusqu'aux cabanes de Rells, on reste presque toujours au milieu des grès rouges du Verrucano ou du Trias inférieur. L'Anisien, le Ladinien et le Carnien lui font suite dans les ravins de Mustriß et de Vens et au-dessus du sentier du Rellstal, jusqu'au pied de la paroi en Hauptdolomit de la Vandansersteinwand. Ce n'est qu'à partir du Sacktobel, au-dessus des cabanes de Rells, que commence l'écaïllement à la base de cette série, restée jusque là normale. J'ai décrit antérieurement (189) les complications tectoniques qui interviennent entre Rells et la Lünerkrinne, où partout le Ladinien fait défaut. Sur le versant oriental du Sacktobel, le Trias moyen est entièrement représenté. Sur son versant occidental, seule une lame de grès rouges et de conglomérats se poursuit au milieu du gypse dans la direction de Vilifau. Au-dessous de l'alpage de Lün, cette zone de grès rouges est accompagnée par l'Anisien. A la Lünerkrinne, les grès rouges sont en contact avec le Norien d'une part et le Carnien d'autre part, séparant ainsi l'écaïlle du Rossberg de l'écaïlle de la Scesaplana.

b) LA SCESAPLANA (voir prof. I, pl. III).

Seidlitz a publié le premier une courte note (93) ; Arni a donné ensuite une étude plus détaillée (197) de cette montagne. Voici les écaïlles tectoniques que

cet auteur distingue dans le petit massif même de la Scesaplana :

- 1) *Écaille du Hauptdolomit du Mottenkopf ;*
- 2) *Écaille du Mottenkopf et de Zalim ;*
- 3) *Écaille du Wildberg et de la Scesaplana ;*
- 4) *Écaille du Panüeler ;*
- 5) *Écaille du Lünersee et klippe du Wildberg.*

Il ressort du profil qu'Arni a donné lui-même à travers cette région, que le charriage de la plupart de ces unités tectoniques est très peu important. Si dans chaque rupture qui délimite les trois premières écaillles d'Arni on voulait voir un plan de chevauchement, de véritables écaillles différentes, on arriverait encore a un plus grand nombre d'unités, notamment entre la Zimba et la Scesaplana, et à la Scesaplana même. J'ai déjà eu l'occasion de démontrer que les failles au sud du Mottenkopf, accompagnent la coupole de Brand. Il est naturel, et cela ne doit guère nous surprendre, que dans une région pareille, le plissement se soit effectué d'une façon plus ou moins disharmonique entre les grandes masses rigides dolomitiques du Trias supérieur d'une part, les schistes et marnes du Rhétien et du Lias d'une plasticité beaucoup plus grande, d'autre part. L'écaille du Wildberg et de la Scesaplana forme le versant sud de cette montagne, et le noyau du synclinal dans les terrains jurassiques. Sa continuation vers le Mottenkopf comprendrait avec la dolomie du Mottenkopf deux nouvelles écaillles. Dans la paroi au-dessus de Zalim, le synclinal appartiendrait à une quatrième écaille : celle du *Panüeler*. La délimitation de cette écaille est des plus hypothétique. On s'en rend parfaitement compte en grim pant dans la paroi très difficile du Panüeler Schroffen, où nulle part on ne trouve un chevauchement conforme au profil et à la carte d'Arni. De même au sommet du Panüeler Schroffen où l'on ne voit aucune indication de la présence de deux écaillles diffé-

rentes. S'il y a un écaillage quelque part, c'est dans la dolomie du Leiberweg, au nord du Brandnerferner, mais cette dolomie se soude autour du P. 2.519 à celle de la base et du sommet du synclinal du Leiberweg. Les profils qu'Arni donne de cette région sont sûrement en contradiction avec la réalité. Le petit synclinal n'est pas en rapport avec la base du grand synclinal, et le Norien ne se présente nulle part sous l'aspect d'un anticlinal venu du Nord, ainsi qu'il figure sur les profils ; il s'agit plutôt d'un pli du Norien de la base qui a encapuchonné, sur une très faible profondeur d'ailleurs, le Rhétien et le Lias. Arni dit lui-même, qu'il s'agit d'un enveloppement des couches supérieures. Seulement, il soude le Rhétien de ce synclinal avec celui de la base du grand synclinal, ce que l'on n'observe nulle part, car même plus à l'est, ce Rhétien est séparé de celui du Wildberg par la dolomie du Norien.

Je ne vois donc, ainsi que dans ma note antérieure, qu'une seule écaille, celle de la Scesaplana, qui surtout au nord, au Mottenkopf, est faillée.

4) LES ENVIRONS DE BRAND.

Les éléments tectoniques qui constituent la région de Brand sont, d'une part, l'écaille de la Scesaplana, avec son synclinal de terrains supérieurs au Trias jusqu'au Crétacé et son bombement axial, d'autre part, au N.-W., formant la chaîne qui sépare la vallée de Gamperdon de celle de Brand, l'écaille du Klostertal, c'est-à-dire la deuxième écaille de Trümpy. Entre les deux écaillles s'intercalent des lambeaux de la zone d'écaillles d'Arosa, décrits par Seidlitz (101) sous le nom de « roches exotiques » (voir prof. III, pl. II).

Si du village de Brand, on se dirige vers le Grassen-tobel, ravin situé au nord de l'église, on y rencontre aux premières chutes d'eau, les schistes et les brèches

des imbrications d'Arosa, dans le noyau du bombement de Brand. La voûte est irrégulière, car tandis qu'à l'ouest les roches exotiques supportent l'Anisien, elles s'enfouissent vers l'est sous les grès rouges du Trias inférieur. Sur l'Anisien du Grassentobel apparaît à l'ouest, aux environs des cabanes intérieures de Palüd, le Ladinien inférieur, les couches de Parlnach. Dans le ravin même de Palüd, s'ouvre une nouvelle fenêtre, qui montre au fond du ruisseau, sous les grès rouges, les schistes avec brèches des imbrications d'Arosa. Cette zone s'étend, localement, recouverte par l'Anisien et le plus souvent cachée sous l'éboulis et les moraines, jusqu'au col d'Amatschon. Le plongement s'accroît vers le sud, le Ladinien plonge de plus en plus fortement pour être presque vertical, ainsi que le Carnien et le Norien, au Mottenkopf. C'est surtout à l'est de Brand qu'on voit admirablement l'anticlinal qui, au Grassentobel, est brisé. Le flanc nord est entier, tandis que le flanc sud est laminé, surtout son Trias moyen et supérieur. Le synclinal comprenant les terrains plus récents, qui est la continuation de celui de la Scesaplana, est fortement écaillé et laminé entre Brand et Schattenlagant. C'est la dolomie de la Mittagspitze, c'est-à-dire le Norien du flanc inverse qui, par son cheminement vers le nord et le N.-W., a écrasé le noyau du synclinal. A Schattenlagant, c'est surtout le Lias qui est affecté, les couches d'Allgäu y sont tectoniquement réduites. Au nord, à l'extrémité de la paroi de Schattenlagant, les calcaires jurassiques s'étirent aussi et le Crétacé repose à l'est du P. 1.107 de la carte topographique suisse, au-dessus du Rhétien, ainsi que je l'ai déjà décrit en 1925, et que plus tard Arni l'a figuré sur sa carte. Immédiatement à l'est des dernières maisons de Brand, s'élève la paroi jurassique de la Fluralp qui butte par faille contre le Crétacé du Rappentobel. J'ai assimilé cette faille à celle du Mottenkopf, accompagnant le plongement

axial du bombement de Brand. Au Mottenkopf aussi, bien qu'au-dessous de la Fluralp, nous voyons le Trias former des môles plus résistants entre lesquels se brisent, se faillent et se laminent suivant leur rapprochement, les terrains plus récents. Tout le long de la Fluralp, le flanc inverse du synclinal est laminé, tandis que le flanc normal s'écaille.

L'écaillement est particulièrement intense à l'est des dernières maisons de Brand, l'échelle de la carte ne permettant souvent pas de figurer tous les petits lambeaux déchiquetés.

L'arête qui, du Mittagspitz, se dirige vers le Lenzi-kopf, nous montre le synclinal entier, réduit et laminé entre la voûte de Brand et le Norien de la Mittagspitze. Il s'ouvre largement plus au nord, sous l'effet du plongement axial qui, du centre du bombement, s'effectue dans tous les sens mais particulièrement vers le N.-E. En outre, la dolomie de la Mittagspitze tourne brusquement vers l'est, de sorte que dans le Sarotlatal le synclinal occupe un large espace.

A l'ouest de Brand, le plongement axial étant assez faible, et uniquement dans la partie inférieure du Grassentobel, le plan de chevauchement de l'écaille de la Scesaplana monte rapidement vers le col d'Amatschon où se terminent à la fois, trois unités tectoniques séparées les unes des autres par des roches de la zone d'écailles d'Arosa. Ce sont : l'écaille de la Scesaplana, la petite écaille 3 reconnue par Trümpy (134) et sa deuxième écaille que j'ai poursuivie plus à l'est et à laquelle je donne le nom d'écaille du Klostertal.

5) ZIMBA ET VALBONAKOPF

Le flanc méridional du synclinal de la Scesaplana forme le Wildberg et les Sarotlahörner, le flanc septentrional occupe la Wasenspitze. Tout le versant gauche du Sarotlatal, à partir de la cabane de Sarotla,

est dans les couches supérieures au Norien (voir prof. II, pl. III). Derrière la cabane, la dolomie du Norien se replie et, séparée par un écaillage dans la dolomie même, elle supporte la partie supérieure de la Zimba formée de terrains allant du Hauptdolomit jusqu'au Crétacé. L'anticlinal écaillé s'observe très bien à 2.000 m., dans la paroi septentrionale de la Zimba. Le synclinal qui forme le sommet de la montagne a la forme d'une cuvette assez large sur le versant occidental, et très resserrée à parois verticales à l'est du sommet ; le Crétacé en occupe le centre.

L'anticlinal visible dans la dolomie de la Zimba, s'observe de nouveau à l'est des cabanes de Sarotla, et sous le Valbonakopf, le Rhétien le contourne normalement. Les couches de Kössen, au-dessous du Valbonakopf, y sont effroyablement plissotées et empilées.

Le calcaire du Rhétien supérieur, très puissant, forme la haute paroi du Valbonakopf même. Sur le versant oriental de cette montagne la charnière est très compliquée (voir fig. 1) et repliée secondairement. La grande épaisseur du Rhétien supérieur n'est

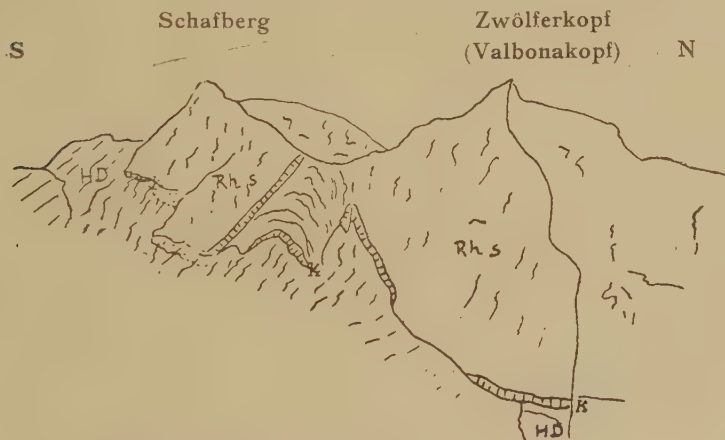


Fig. 1, ESQUISSE DU ZWÖLFERKOPF (VALBONAKOPF).

LÉGENDE : H. — Norien = Hauptdolomit,
K. — Couches de Kössen,
Rh. s. — Calcaires du Rhétien supérieur.

pas normale, elle est due à une accumulation produite par des replis dont un noyau de couches de Kössen s'étend jusqu'au Kennerberg. Seidlitz (178) a donné récemment une courte explication de l'anticlinal du Zwölferkopf sans entrer dans le détail de sa structure. Au nord, au Valbonamähder et au Kennerberg, le flanc inverse du synclinal, stratigraphiquement et tectoniquement réduit, se dirige vers la Nonnenalp.

6) LE BRANDNERTAL EN AVAL DE BRAND.

Avant d'arriver à l'embouchure du Sarotlatal, le Trias de la voûte de Brand a disparu sous les moraines. Le Rhétien et le Lias sont les premiers terrains qu'on rencontre dans la partie inférieure du Sarotlatal. Le flanc normal du synclinal de la Scesaplana décrit un grand tour autour du village de Brand, venant de la Fluralp, il contourne le bombement au Lenzikopf et au Kellenneck, pour apparaître de nouveau dans le Sarotlatal près du thalweg de l'Alvier.

Si plus bas, en face de Bürserberg, nous remontons la pente est du Brandnertal, fortement boisée et couverte d'éboulis et de moraines, nous traversons le flanc normal du synclinal déjà à partir du Ladinien qui affleure dans le lit même de l'Alvier. Le Carnien et le Norien y sont très réduits, surtout la Dolomie principale ; nous la suivons de là jusqu'aux environs de Bürs. Le sentier qui de ce village monte à la Nonnenalp coupe un petit repli de ce flanc qui amène le Lias et les radiolarites à l'affleurement sur une très petite étendue, vers 1.100 m. Les calcaires jurassiques qui dominent la pente, sont là, aussi puissants qu'à la Scesaplana ; ils forment une paroi abrupte au-dessous de la Nonnenalp. Au-dessus de Bürs, le flanc normal du synclinal est entièrement couvert par les éboulis du Crétacé, qui est un terrain de glissement par excellence.

Si nous descendons sur la grande route du Brandnertal vers Bürserberg et Bürs, nous restons toujours dans le Trias de l'écaille de la Scesaplana. A l'embouchure du ravin qui descend de l'alpage Parptienz, le Carnien du bombement de Brand est remplacé par le Norien, mais comme l'axe du synclinal de la Scesaplana tourne vers le N.-E. et plus tard vers l'est, tandis que la vallée est orientée S.-E., nous recoupons le Carnien et tout le Trias moyen entre Bürserberg et Bürs. Il est malheureusement partout recouvert par les moraines qui cachent aussi son contact avec l'écaille du Klostertal. On ne le voit affleurer que dans le ravin même de l'Alvier, et là aussi le glaciaire le recouvre en partie.

7) LE SYNCLINAL DE LA SCESAPLANA ENTRE LE VALBONAKOPF ET LORÜNS

Les pentes gazonnées des Salummähder sont en Crétacé recouvert d'éboulis. Le flanc inverse du synclinal est écrasé au nord du Kennerberg et du Zwölferkopf. Le Norien de la chaîne du Tantermausus s'avance vers le Valbonakopf et le Kennerberg. Il ressort nettement de la carte, que ce pli, dont l'extrémité est formée par les calcaires du Rhétien supérieur au Kennerberg, a été poussé vers le nord. A l'ouest du Tantermausus, le Crétacé occupe de nouveau la même place et prend la même direction S.W.-N.E. que dans le Sarotlatal. Le Lias et le Jurassique sont très réduits entre le Rhétien supérieur et le Crétacé, mais pour la plus grande part stratigraphiquement, et non tectoniquement. Dans le Bärenloch, les couches de Kössen remontent vers Gawalina pour se laminer complètement dans le ravin qui descend de cet alpage vers la grande vallée de Tull.

Le flanc normal du synclinal est visible non loin de là, dans le dernier ravin de Salum, où extrêmement

réduits, on trouve les couches d'Algäu et le Rhétien supérieur.

Du Kennerberg jusqu'à la vallée de l'Ill, la direction du synclinal a toujours été S.W-N.E., mais à partir de là, elle devient W.-E. Dans la carrière de Lorüns, le Lias et le Crétacé exploités pour la fabrication du ciment, ne sont séparés l'un de l'autre qu' par une mince lame de radiolarites vertes (les calcaires jurassiques ayant entièrement disparu). Trois failles transversales coupent le promontoire du Davennakopf, dont la plus importante est visible dans le ravin au sud de Stallehr. C'est toujours le quartier occidental qui est poussé vers le nord et qui s'affaisse vers l'ouest. Il en résulte une montée axiale vers l'est, de sorte qu'avant d'arriver à Braz, le synclinal s'est fermé dans le Norien ; on ne trouve plus trace des terrains plus récents à partir de là. Le flanc septentrional du synclinal est tectoniquement réduit, on voit cependant près de Stallehr la dolomie apparaître au niveau de la vallée même.

8) DAVENNAKOPF ET ITONSKOPF.

La dolomie du Norien qui à Lorüns forme la base du synclinal et qui est la continuation de la grande chaîne dolomitique de la Vandansersteinwand, occupe jusqu'au Davennakopf, l'arête même de la montagne entre le Montafon et le Klostertal.

Le changement de direction des couches que nous avons vu à Lorüns pour le Rhétien, le Lias et le Crétacé, est le même pour le Norien ainsi que pour le Carnien que nous avons suivis le long du Rellstal jusqu'au ravin de Vens. En parfaite concordance avec le Ladinien et l'Anisien, il reparaît de l'autre côté de l'Ill, entre St-Anton et Vandans. Ce n'est que plus haut, dans la partie supérieure du ravin de Verblei et aux environs d'Itons, que les rapports se compliquent. Au milieu du Carnien, qui du ravin de Verblei se di-

rige vers Itons, apparaît le Norien en forme de synclinal, divisant ce Carnien en deux zones dont la plus méridionale se poursuit du Rel'seck jusqu'au Rotrüfitobel près de Dalaas. Il est toujours recouvert par la dolomie des Wannaköpfe, à l'Itonskopf. A l'est du Davennakopf, le Carnien de la zone septentrionale traverse l'arête, de sorte que le Norien du synclinal de la Scesaplana se trouve refoulé sur la pente septen-

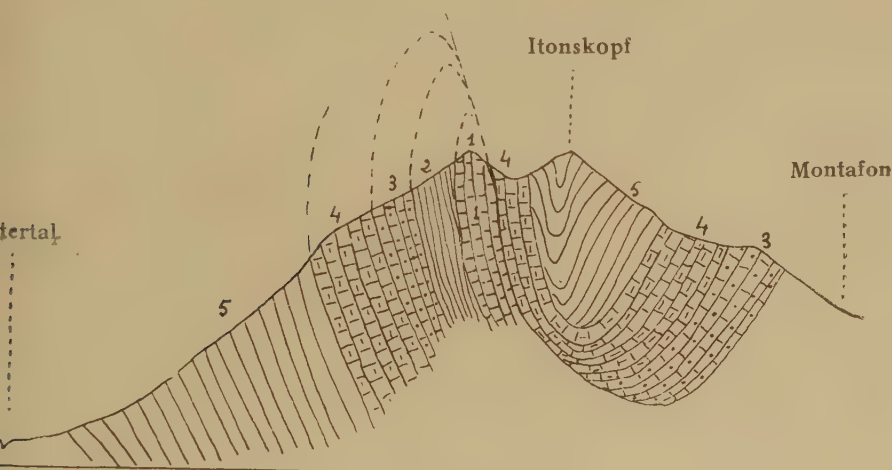


Fig. 2, COUPE DE L'ITONSKOPF

LÉGENDE : 1.— Anisien, 2.— Couches de Partnach, 3.— Calcaires d'Arlberg. 4.— Carnien, 5.— Norien (Hauptdolomit).

trionale de la montagne. Au milieu de cette zone septentrionale de Carnien, il naît, à Itons, une écaille qui ne comprend que l'Anisien et le Ladinien. Vers l'ouest le Ladinien atteint encore l'arête, et descend un peu dans la direction de Verblei, tandis que vers l'est tout s'arrête au nord des Wannaköpfe où le Carnien seul sépare de nouveau les deux zones dolomitiques. L'inférieure atteint le Brazerstein au sud de Dalaas, la zone supérieure de l'Itonskopf porte encore près de Kristberg, avant de se terminer dans le Rotrüfitobel, un petit synclinal de Rhétien.

9) LE KLAMPNERSCHROFFEN.

La chaîne dolomitique du Fundelkopf s'étend du col d'Amatschon jusqu'au Klampnerschroffen au nord. C'est la deuxième écaille de Trümpy, qui, à Brand et à Bürs, s'enfouit sous l'écaille de la Scesaplana. Nous avons vu son contact au col d'Amatschon avec la troisième écaille de Trümpy et la zone d'écailles d'Arosa, le tout plongeant vers Brand sous l'unité tectonique supérieure. Au-dessus de Bürserberg, le glacier en épaisseur considérable, ne permet pas de reconnaître de quelle manière cette deuxième écaille plonge sous le Trias inférieur du flanc normal du synclinal de la Scesaplana. Au Taleu, c'est le Carnien, et plus à l'est et à l'ouest, le Trias moyen et inférieur, qui chevauchent sur la dolomie de la chaîne du Fundelkopf. Au nord du Klampnerschroffen, apparaissent le Carnien, le Ladinien et l'Anisien de la seconde écaille que nous pouvons suivre de la vallée de Gamperdon, à partir de la Budershöhe, tout le long de la chaîne qui borde au sud la vallée de l'Il entre Nenzing et Bürs. L'Anisien atteint le thalweg près du pont de Tschalenga, tandis que le Ladinien suit l'arête jusqu'au Scesatobel. Le Carnien descend du Klampnerschroffen vers l'est à Tschengla, et dans le Plattenbach à Bürserberg.

Au milieu de l'arête du Klampnerschroffen, entre Bludenz et Nenzing, l'Anisien de cette seconde écaille chevauche sur une lame de couches de Partnach et d'Anisien qui appartient à une unité tectonique inférieure, c'est la première de celles que Trümpy a distinguées dans le Rhéticon. Elle est charriée sur le Flysch du Vorarlberg qui affleure partout aux environs de Nenzing et pénètre, à cause du faible plongement des écailles triasiques, vers le S.-E., très profondément dans la vallée de Gamperdon. Ainsi que le Brandnertal, la vallée de Gamperdon est une vallée épigénétique creusée dans les conglomérats gla-

riaires, remplissage d'un ancien cours d'eau. Immédiatement au nord du Klampnerschroffen, la première écaille de Trümpy ne chevauche pas sur du Flysch, mais sur une très puissante masse de dolomie qui constitue la continuation de celle du Hängender Stein de la rive droite de l'III. C'est cette dolomie seule qui représente dans le Rhéticon, c'est-à-dire à l'ouest de l'III, la nappe de l'Allgäu ; toutes les quatre écailles de Trümpy appartiennent à la nappe du Lechtal. La répartition de ces écailles au nord et à l'est du Klampnerschroffen est faussement représentée sur la carte de Trümpy.

10) LA CHAÎNE DU KLOSTERTAL.

C'est surtout la deuxième écaille de Trümpy, que j'appelle écaille du Klostertal, qui forme les montagnes au nord de l'Alfenz. A Nüziders seulement, les écailles inférieures apparaissent. De Bludenz jusqu'à St-Leonhard, on longe le flanc septentrional du synclinal de la Scesaplana, dont le Ladinien et l'Anisien constituent la crête de Bings. Entre l'écaille de la Scesaplana et celle du Klostertal, s'intercalent au-dessus des calcaires de l'Anisien de Rungelin et de St-Leonhard, les couches de Partnach et les couches d'Arlberg, visibles dans le ravin du Grubsertobel. Cette même zone de calcaires et de schistes du Ladinien se retrouve dans la même position à Bürs, où déjà Trümpy l'a remarquée et expliquée par un repli à la base de l'écaille 4, c'est-à-dire de l'écaille de la Scesaplana. Il est probable qu'à Rungelin on ait dans ces couches ladinienues le flanc nord d'un anticlinal à la base de l'écaille de la Scesaplana, plongeant localement sous celle du Klostertal, quoique dans le Rhéticon l'ordre inverse soit de règle. Les deux écailles n'ont d'ailleurs jamais chevauché beaucoup l'une sur l'autre, elles sont plutôt juxtaposées que superposées. A partir de Braz, cette écaille intermédiaire n'est plus

visible, et à Innerbraz les deux écaïlles de la nappe du Lechtal se sont soudées par un anticlinal, surtout nettement développé entre Braz et Dalaas. Immédiatement au nord de Dalaas, dans le Hölltobel, le même phénomène que dans le Grubsertobel se produit. Une lame de couches d'Arlberg et de couches de Partnach plongeant fortement vers le nord, butte contre l'Anisien de l'écaïlle du Klostertal. À l'ouest de ce ravin, l'anticlinal apparaît dans le Schmiedtobel et de là, va jusqu'à Innerbraz. À l'est, il est admirablement visible dans le Radonatobel.

Toute la haute chaîne des Ellspitzen près Bludenz, jusqu'au Rogelskopf à Dalaas, présente la succession normale de l'Anisien ou des grès rouges, jusqu'au Norien qui en forme les sommets. À la Rote Wand, ce Norien de l'écaïlle du Klostertal supporte les terrains plus récents.

11) LA ROTE WAND.

(Voir fig. 3).

Ce petit massif est bien délimité au nord par le vallon du Hutlabach, par le vallon de Lagutz et de Formarin au sud, et par la vallée du Lech à l'est. C'est sa face est, qui domine le lac de Formarin, qui lui a valu son nom de « paroi rouge ».

Venant du Sud, on rencontre d'abord une petite chaîne contiguë à la Rote Wand, c'est le Rothorn. Sur la Dolomie principale repose le Rhétien de la base du Rothorn, entre les cabanes supérieures de Lagutz et le lac de Formarin. Les couches de Kössen, peu épaisses, forment le bas de la pente surmontée par la paroi blanche en calcaires du Rhétien supérieur qui porte un petit chapeau de terrains liasiques. Près de Formarin, le Rhétien supérieur se divise en deux branches, renfermant au milieu un synclinal de Lias et de radiolarites. Le flanc septentrional de ce

synclinal se redresse, et les calcaires du Rhétien supérieur deviennent verticaux. Ces calcaires gris et blancs font apparaître au milieu un petit anticlinal de couches de Kössen fossilifères, c'est leur niveau supérieur : les calcaires à Zoanthaires.

Vers le nord, au-dessus des couches de Kössen et

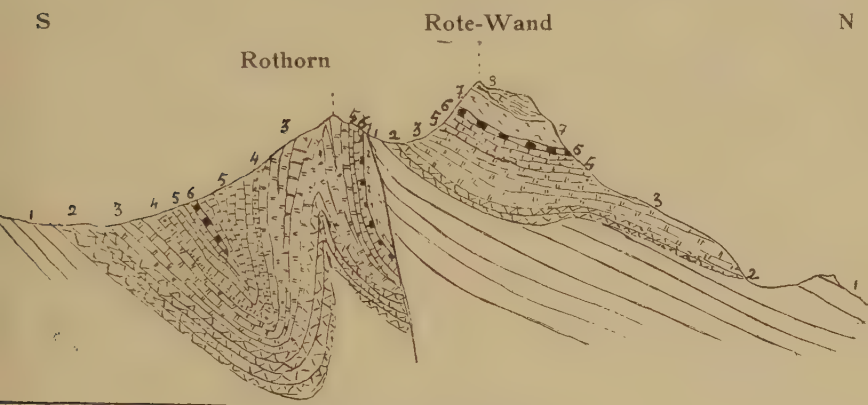


Fig. 3 Coupe de la Rote-Wand

LÉGENDE : 1. — Norien, 2. — Couches de Kössen, 3. — Calcaires du Réthien supérieur, 4. — Lias-rouge, 5 — Lias, 6. — Radiolarites, 7. — Calcaires à silex jurassiques. 8. — Crétacé.

des calcaires du Rhétien supérieur, se placent comme au sud, les calcaires rouges du Lias inférieur, les calcaires et les marnes des Fleckenmergel et les radiolarites qui là, sont accompagnées de calcaires rouges et gris à *Aptychus*. Ils buttent par faille contre la dolomie du soubassement de la Rote Wand. C'est la grande faille de Formarin, étudiée surtout à l'est du lac par Ampferer. Si nous remontons vers le petit col qui sépare le Rothorn de la Rote Wand, nous voyons de nouveau le passage de la faille de Formarin, mais tandis que plus bas à 2.250 m., elle est presque invisible, parce qu'aucune brèche de friction ni aucun écrasement du Jurassique ne l'y souligne, elle est très nette plus haut au petit col, où la dolomie est écrasée et laminée au contact des radiolarites. Entre

le Rhétien supérieur et cette dolomie, le Lias, le Jurassique et le Crétacé n'existent qu'en lambeaux étirés.

Le massif principal de la Rote Wand repose à l'est, sur un socle de dolomies et de calcaires du Norien, qui est encore visible dans le vallon supérieur du Hutlabach où il supporte, comme au nord du Rothorn, les couches de Kössen. Partout ailleurs, c'est la muraille blanche du Rhétien supérieur qui forme le soubassement de la Rote Wand. Le Lias, l'Oolithique et le Crétacé s'y superposent normalement jusqu'au sommet, morcelés par de très petites failles sur la paroi est. La face nord, au-dessus du Hutlatal présente un pli du Rhétien supérieur dans lequel apparaît comme noyau, le Lias, et légèrement pincé, l'Oolithique. Il a été déjà vu et figuré par Gumbel (7) et par Richthofen, quoique les anciens auteurs, jusqu'à Haas (86) n'ont reconnu ni le Jurassique ni le Crétacé qui y occupent une grande place. C'est à Ampferer que revient le mérite d'avoir reconnu, à l'ouest de l'Arlberg, ces terrains supérieurs au Lias. Le Rhétien supérieur de la paroi méridionale de la Rote Wand se continue vers Lagutz où il forme la base du Madratsch. Le Lias, les radiolarites et les calcaires jurassiques constituent la partie supérieure et le sommet de cette arête, dont le Lias butte entre Lagutz et Klesenza, contre une lame de marnes crétacées, très peu étendue d'ailleurs.

12) LE RADONATOBEL ET LES ENVIRONS DE FORMARIN

Le Rhétien qui, près de la cabane du Club alpin au lac de Formarin, passe insensiblement au Norien, est la continuation de celui du Rothorn. Le Lias, l'Oolithique et le Crétacé inclinés vers le nord, s'étendent du lac au Ganahlskopf, buttant par faille contre les couches horizontales du Rhétien et du Lias du

Formaletsch et de Ganda. Ampferer a donné l'analyse complète de la région à l'est du lac de Formarin et je n'ai rien à ajouter à sa description. Dans la partie inférieure du Radonatobel, non figurée sur la carte de cet auteur, le Carnien et le Ladinien décrivent un anticlinal dont la charnière est admirablement visible dans les calcaires d'Arlberg. C'est le même

Gamsbodenspitz

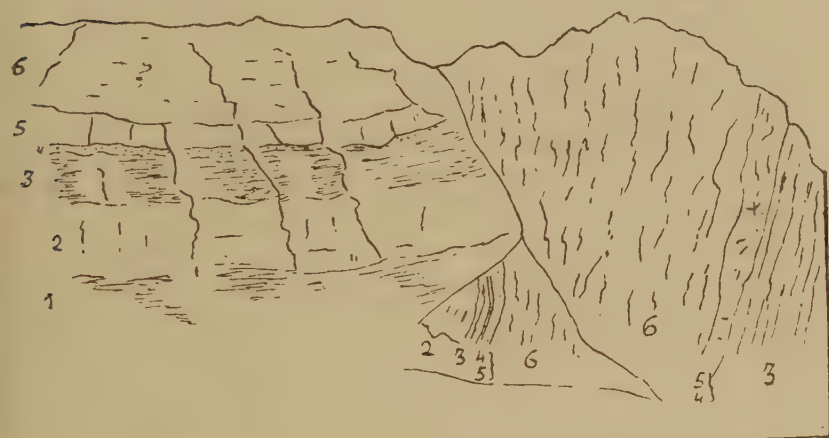


FIG. 4 La faille de Formarin dans le Radonatobel

LÉGENDE : Couches de Kössen, 2. — Rhétien sup., 3. — Lias, 4. — Radiolarites, 5. — Jurassique sup., 6. — Crétacé

anticlinal qui est aussi nettement développé immédiatement au nord de Dalaas, dans les grès rouges et dans l'Anisien, et dont l'axe plonge sensiblement vers l'est.

Le Gebrengrat, le Formaletsch et le Pöngertlikopf situés au nord de la faille de Formarin, sont l'équivalent de la Rote Wand. Leur dolomie se continue à travers la vallée du Lech dans celle du Johanneskopf et du Misthaufen.

13) LES ENVIRONS DE LAGUTZ ET DE KLESENZA

Au Johannesjoch, le Hauptdolomit est redressé (voir profil VI, Pl. III) et séparé de celui du Misthaufer par des marnes noires et des calcaires siliceux qui sont très probablement du Crétacé. Le long du vallon, jusqu'à l'alpage Klesenza, percent partout au milieu de l'éboulis du Norien, des affleurements de calcaires et de marnes du Lias. La dolomie principale qui les couvre de ses éboulis, se continue au nord de Klesenza jusqu'au Madonakopf, ensevelissant sous elle le Crétacé de la première et la plus méridionale écaille de la nappe de l'Allgäu. Nous sommes là en présence du pli frontal de la nappe du Lechtal. En étudiant cette paroi dolomitique de plus à l'ouest, notamment de la Wandfluh, où des environs de Partnom, sa structure en pli couché se révèle facilement sous un éclairage favorable. A Klesenza, il s'en détache une partie de la dolomie qui se dirige vers Lagutz, accompagnée au sud, d'une lame de Carnien qui doit constituer le noyau du front de la nappe du Lechtal. Ce Carnien est en contact avec le Crétacé qui occupe l'arête entre Lagutz et Klesenza. En aval de l'alpage de Lagutz, le Crétacé ainsi que le Lias et le Rhétien du Madratsch s'amincissent peu à peu et finalement le Carnien butte contre le Norien de la chaîne du Klostertal. Nous pourrions voir dans ce contact anormal du Norien tout à fait supérieur contre le Carnien inférieur, la continuation de la faille de Formarin. Le Carnien et le Norien du front de la nappe du Lechtal forment, à partir de Klesenza, une écaille indépendante de l'écaille du Klostertal et chevauchant, partout où elle existe, sur la nappe de l'Allgäu. Nous poursuivons ce Trias, de Lagutz au Grongkopf et au Kellerspitz où il descend vers Marul. De l'autre côté du ruisseau il se dirige vers Tiefensee et forme le Hochfrassen.

14) LE HOCHFRASSEN ET LES ENVIRONS DE NÜZIDERS

Le Hochfrassen (Hoher Frassen de la carte) est situé entre le Walsertal, la vallée de l'Ill, le Galgentobel et la vallée de Marul. Cette montagne nous présente la structure la plus compliquée de toute la région étudiée.

Nous avons suivi le long du Klostertal la série triasique normale de l'Anisien ou des grès rouges jusqu'au Norien. Dans le Galgentobel, grand ravin au nord de Bludenz, le profil normal du Trias plongeant vers le nord est encore identique à tous les autres vus entre Dalaas et la ville de Bludenz. Cependant, déjà aux Ellspitzen, qui couronnent le Galgentobel, le Norien et le Carnien ont une tendance à devenir horizontaux. Plus à l'ouest, sous le Gaisberg et sur la rive droite du Galgentobel, ils remontent déjà vers l'ouest. Dans la partie moyenne du ravin, le même phénomène s'observe, le Carnien plongeant d'abord vers le nord devient horizontal pour remonter après vers le N.-E. Le Ladinien et l'Anisien n'atteignent pas l'embouchure du Galgentobel, ils disparaissent avant d'y arriver, sous les éboulis près de Bludenz. Ils doivent cependant sûrement accompagner en profondeur le synclinal transversal du Galgentobel. Nous les retrouvons, en nous dirigeant vers l'ouest du ravin, au hameau de Latz, où, sous le Carnien, reparait d'abord le calcaire d'Arlberg, suivi d'une mince zone réduite et écrasée de couches de Partnach. Dans le ravin qui du Hochfrassen descend vers Nüziders, l'Anisien suit en concordance le Ladinien. Tout le Trias plonge vers le Galgentobel.

Nous ne pouvons pas suivre le Ladinien et l'Anisien au-delà de Muttersberg. Ils s'amincissent très vite et se terminent en biseau entre le Norien du Hochfrassen et le Carnien du Galgentobel supérieur. Vers le sud, par contre, ils se poursuivent, interrompus

par les alluvions de la vallée de l'Il, dans l'écaïlle du Klostertal, c'est-à-dire la deuxième écaïlle de Trümpy, que nous avons déjà suivi du Klampnerschroffen jusqu'au Scesatobel. Cette écaïlle qui jusque là plonge vers le sud, tourne, redressée vers le nord, plongeant vers l'est, et reprenant son ancienne direction O.-E.

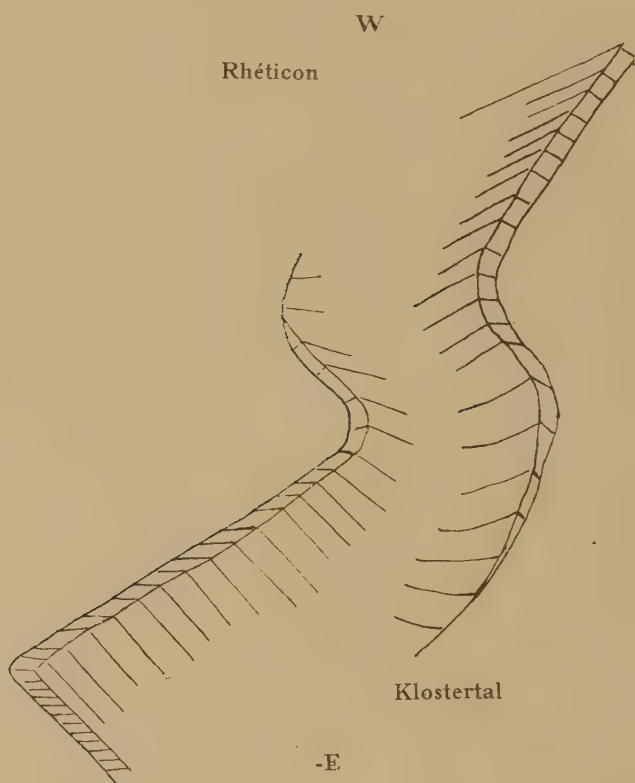


FIG. 5. Schéma de la structure de l'écaïlle du Klostertal

plonge dans le Klostertal vers le nord. Le ravin du Galgentobel nous présente précisément l'endroit où se produit ce changement de direction.

La masse principale du Hochfrassen est l'écaïlle du Norien, que nous avons suivi de Klesenza jusqu'à

Tiefensee. C'est cette dolomie qui coupe en biseau à Muttersberg, le Ladinien et l'Anisien de l'écaille du Kloostertal. Le Carnien qui l'accompagne ne se soude pas à celui du Galgentobel. Une lame de Ladinien, continuation de celui de Latz, le sépare du Carnien de cette écaille. Il s'amincit rapidement et nous n'en trouvons plus trace dans le ravin de Nüziders.

Dans la partie inférieure de ce ravin, et près du village de Nüziders, nous trouvons à la place de l'Anisien et du Ladinien que nous devrions attendre, le Flysch du Vorarlberg avec ses grès micacés, schistes et marnes à Chondrites.

Sur le versant droit du ruisseau, près du sentier, il supporte une mince lame de couches rouges et des grès glauconieux de l'Albien de la nappe du Falknis. Vers l'est, ces couches sont remplacées par des grès et des calcaires siliceux qui, selon toute probabilité, représentent de nouveau le Flysch du Vorarlberg. Nous avons donc à presque 20 km. au nord de la chaîne frontière du Rhéticon, une fenêtre au milieu des nappes austro-alpines où reparait la nappe du Falknis. Le Flysch, qui a localement l'aspect du Wildflysch helvétique, monte dans le ravin jusqu'au sentier qui de Latz va vers Ludescherberg, et c'est là que le Norien du Hochfrassen, en descendant, se termine en biseau.

Si au lieu de descendre du Hochfrassen dans ce ravin vers Nüziders, nous restons sur l'arête qui se détache du sommet pour rejoindre la crête du Hängender Stein, nous rencontrons d'abord, sous le Norien, des radiolarites de l'écaille la plus méridionale de la nappe de l'Allgäu qui se laminent pour reparaitre dans le lit d'un petit cours d'eau qui se dirige vers le ravin de Nüziders, accompagnées de roches du Crétacé. En-dessous de ce Jurassique, des marnes et calcaires liasiques descendent eux aussi dans la même direction. Le Rhétien n'est visible qu'à un seul endroit où il repose sur la dolomie de l'arête du Hängender

Stein. Ce Norien occupe seul l'arête entre Nüziders et Ludesch. Vers le haut, il va en s'amincissant et ne se continue plus sous la paroi occidentale du Hochfrassen. Il chevauche sur le Flysch du Vorarlberg qui, de Ludesch jusqu'à Sonntag dans le Walsertal, s'enfouit sur le versant gauche de la vallée sous les écailles de la nappe de l'Allgäu. Au sud, nous avons rencontré le dernier témoin de cette écaille du Hängender Stein, entre Bludenz et Nenzing, sur la rive gauche de l'Ill.

Avant d'arriver sous la paroi septentrionale du Hochfrassen, le Rhétien et le Lias accompagnant la dolomie du Hängender Stein se laminent et, plus au nord, seules les radiolarites se continuent entre la dolomie et le Flysch. Les éboulis du Hauptdolomit cachent d'ailleurs toute la pente au-dessus de Raggal. Ce n'est que dans les ravins qui descendent vers Marul, que nous retrouvons au-dessus du Flysch, le Lias suivi de trois lames de radiolarites et de calcaires jurassiques dont la plus haute supporte près de Tiefensee, quelques mètres de marnes crétacées. Vers l'ouest, ces lames jurassiques s'étirent l'une après l'autre et disparaissent, de sorte qu'au-dessus de Ludescherberg, c'est la plus inférieure avec son Lias, qui repose sur le Rhétien et le Norien du Hängender Stein, et qui est immédiatement recouverte par la dolomie du Hochfrassen.

LA NAPPE DE L'ALLGÄU DANS LE WALSERTAL

Au nord de la région occupée par les plis et les écaillés de la nappe du Lechtal, nous trouvons, surtout dans le Walsertal et ses vallons tributaires, une série d'écaillés imbriquées les unes sur les autres et ne comprenant que le Norien et les terrains plus récents. Depuis les travaux de Rothpletz, on réunit ces écaillés dans une seule unité : la nappe de l'Allgäu.

15) LE VERSANT GAUCHE DU WALSERTAL DE RAGGAL A BUCHBODEN

La région fortement boisée entre le ravin, qui de Lagutz, se dirige vers Marul et Raggal et le Hutlabach près de Buchboden, offre dans les nombreux lits de torrents qui la découpent, des profils fort intéressants.

A l'ouest, au-dessus de Litze, entre Marul et Garsella, toute la pente est formée par le Flysch qui monte jusque sous l'arête du Kellerspitz. Dans le ravin de Garsella, on trouve quelques lames étirées de calcaires jurassiques, de radiolarites et de brèches dolomitiques. Le Flysch, le Lias et le Crétacé y forment localement des brèches tectoniques. Plus à l'est, dans un étroit torrent qui, de Steris tombe en cascades vers Senzaboden, on traverse du haut en bas : le Flysch, le Lias, le Rhétien et une grande partie du Norien, le tout charrié sur du Flysch. Au-dessus de Reutele, cette même dolomie norienne devenue bréchioïde s'est amincie ; elle est surmontée par des marnes rhétiennes et liasiques. On remarque que les calcaires gris et blancs du Rhétien ainsi que le Lias rouge font partout défaut. En face de Sonntag, le

ravin de Steintobel a mis au jour une très belle succession que voici : toute la partie inférieure du ravin est occupée par le Flysch sur lequel chevauchent quelques mètres de dolomies écrasées, surmontées par un Rhétien très réduit et 150 m. de marnes liasiques.

A 950 m. d'altitude, le Jurassique affleure. Il supporte des brèches, des marnes et des calcaires siliceux crétacés. A 1.030 m., une seconde lame de radiolarites et de calcaires jurassiques coupe le ravin. Les roches qui succèdent plus haut appartiennent certainement au Flysch, quant aux calcaires et aux marnes immédiatement en contact avec le Jurassique, il est probable qu'ils soient d'âge crétacé.

Une dernière lame de Jurassique se trouve à 1.100 m., tout à fait au milieu du Flysch. Elle ne se continue ni vers l'est, ni vers l'ouest, on ne la rencontre que dans le lit du torrent. Le Flysch du Steintobel remonte jusqu'à l'alpage Partnom où il est de nouveau en contact avec une écaille de la nappe de l'Allgäu. Si nous montons la pente à l'est de Sonntag, nous trouvons dans tous les cours d'eau qui se jettent dans la Lutz, entre See et Buchboden, d'abord le Lias, la dolomie norienne et les marnes du Rhétien qui atteignent le thalweg. Au même niveau, toujours entre 1.050 et 1.100 m., la première lame de radiolarites et de calcaires jurassiques recouvre les marnes et calcaires liasiques. Jusqu'au plateau structural, à 1.300 m., au-dessous de Partnom, nous rencontrons encore quatre lames jurassiques alternant avec des marnes à Globigérines du Crétacé jusqu'au contact avec le Flysch. L'épaisseur de ce Flysch diminue fortement vers l'est et il se lamine complètement sous la Wandfluh. Entre le hameau de Küngswald et la Wandfluh, les calcaires gris et rouges du Jurassique supérieur, renfermant localement des *Aptychus*, et les lames de 10 à 50 cm. de puissance. C'est la continuu-radiolarites sont empilés en plusieurs paquets de

tion des plis qui, accompagnés des marnes du Crétacé, affleurent dans le Steintobel et à See. Au-dessus de Küngswald, ils supportent d'abord des couches d'Allgäu, des calcaires rouges liasiques et, enfin, le Rhétien pour la première fois avec les calcaires blancs du Rhétien supérieur. Le Flysch du Steintobel se poursuit en une très mince lame entre la dolomie de la Wandfluh et les couches de Kössen.

16) HUTLATAL ET PARTNOM.

A Klesenza, dans le Hutlatal, nous avons vu le Crétacé sur lequel chevauche le pli frontal de la nappe du Lechtal. Entre l'alpage inférieur de Hutla et Klesenza, l'Oolithique et le Lias plongent normalement sous le Crétacé, bien développés et très puissants, à l'est des cabanes de Hutla sous la paroi dolomitique du Madonakopf. Vers l'ouest, le Lias, le Jurassique et le Crétacé se continuent sous l'écaille du Hochfrassen qui, nous l'avons vu précédemment, se détache du pli frontal de la nappe du Lechtal à Klesenza.

Fortement réduits, nous rencontrons ces trois terrains jusqu'au Grongkopf entre Lagutz et Partnom, interrompus par les éboulis, nous les voyons affleurer une dernière fois au fond de l'alpage Steris à la Wangspitz. Leur continuation au-delà de Marul, sous le Hochfrassen, dans l'écaille du Hängender Stein, est tout à fait certaine. Dans le Steintobel et à Steris, cette écaille est séparée par le Flysch de l'écaille qui occupe, entre Garsella et Buchboden, la pente inférieure de la rive gauche du Walsertal. Dans le Hutlatal et jusqu'à Partnom, réapparaît une nouvelle écaille entre les deux précédentes, remplaçant entièrement le Flysch vers l'est. Nous avons donc en descendant de Klesenza à Buchboden : d'abord l'écaille du Hängender Stein, constituée uniquement par le Lias, l'Oolithique et le Crétacé ; ensuite, l'écaille de

la Wandfluh allant du Norien au Crétacé et, finalement dans le Walsertal, l'écaille du Steintobel étudiée dans le chapitre précédent.

L'écaille de la Wandfluh repose, à l'ouest du Hutlatal, entièrement sur le Flysch, elle ne plonge pas comme plus à l'est, sous les unités tectoniques supérieures. Le Norien, très puissant à la Wandfluh, s'élève vers Partnom où il forme une espèce de cuvette, dont le fond est brisé. Le Rhétien et le Lias recouvrent normalement, près des cabanes supérieures de Hutla, cette dolomie qui supporte au Glattmar un étroit synclinal jurassique et crétacé qui descend en coupant le Norien jusqu'au contact du Flysch. Au Kamil, le Lias et le Norien, au sud du synclinal jurassique et crétacé, buttent contre le Lias de l'écaille du Hängender Stein. Le plan de chevauchement de l'écaille de la Wandfluh qui, à l'est du Hutlatal pronge vers le sud, comme celui de toutes les autres écailles, s'élève aux environs de Partnom dans une montée axiale vers l'ouest, pour ne plus reparaitre au-delà de cet alpage. L'écaille inférieure par contre, se termine en lambeaux étirés au milieu du Flysch de Garsella, en gardant toujours son plongement sud.

17) LE VERSANT GAUCHE DU WALSERTAL ENTRE BUCHBODEN ET LE METZGERTOBEL.

Si du Hutlatal nous remontons vers la Wangalpe, nous trouvons au-dessus de la dolomie de l'écaille de la Wandfluh, comme à Partnom, la série normale du Rhétien au Crétacé ; mais, déjà à la Wangalpe, le Crétacé et le Jurassique font défaut, et seul le Rhétien très puissant occupe l'arête gazonnée entre le Madonakopf et la Wangspitz. De même l'écaille du Hängender Stein se lamine sous le front de la nappe du Lechtal. Seul le Crétacé atteint l'arête. En descendant vers l'est, dans la vallée de Rothenbrunnen, le

Rhétien se divise en deux branches, laissant apparaître au milieu un large anticlinal de dolomies du Norien. Le Crétacé de Klesenza, s'appuyant contre la dolomie, apparaît pour la dernière fois derrière les cabanes de Gadenalp. Plus à l'est, au Mutterwangjoch, nous trouvons au lieu du Crétacé plongeant sous la dolomie, le Rhétien normal au-dessus du Norien et suivi au Feuerstein par le Lias. Ce sont le Rhétien et le Lias du front de la nappe du Lechtal échappés, grâce à l'altitude, à la destruction de l'érosion. La ligne de chevauchement de la nappe du Lechtal coupe obliquement tous les terrains du Norien au Crétacé, de sorte qu'en profondeur, le Crétacé de la Gadenalp, c'est-à-dire de l'écaille du Hängender Stein, butte contre le Hauptdolomit, tandis que plus haut, ce sont les terrains plus récents qui chevauchent sur la nappe de l'Allgäu. A l'est du Feuerstein, près de la cabane supérieure d'Oberalperschelle, immédiatement au-dessous du Lias du Feuerstein, se trouve le Norien formant le noyau des plis du Rhétien.

L'écaille de la Wandfluh reprend, à partir de la Gadenalp, tous les terrains au-dessus du Rhétien qui, au Wangspitz, ont été laminé et ont entièrement disparu. Le Rhétien, le Lias et le Jurassique accompagnés localement de quelques lames de marnes crétacées, se continuent sous le Feuerstein, vers l'alpage inférieur d'Alperschelle.

Le Norien très puissant chevauche depuis la Wangspitze jusqu'au Metzgerobel sur l'écaille du Steintobel ; il est très réduit depuis le Hutlatal. Nous ne retrouvons plus les plis et les lames que nous avons observés dans le Steintobel même et au sud de Küngswald. Près de Buchboden, reparaît d'abord le Norien que nous n'avons pas vu affleurer depuis Sonntag, accompagné sous la Wangspitz, du Rhétien et du Lias. La partie supérieure des marnes et calcaires liasiques forme avec le Jurassique une zone de brèches tectoniques qui supporte la brèche de

transgression et les marnes du Crétacé. Vers le Hutlatal, ce Crétacé n'avance que très peu, il est de suite remplacé par une petite sous-écaille de Lias et de Rhétien qui descend au contact du Norien de la Wangspitz vers l'ouest. Dans la direction de la vallée de Rothenbrunnen, les deux dolomies ne sont plus séparées que par du Rhétien et un peu de Lias, il en est de même le long de la paroi qui, entre Rothenbrunnen et le Metzgerobel, s'élève à gauche du ruisseau.

18) Les ENVIRONS DU SCHADONAPASS.

Nous avons suivi la dolomie de l'écaille du Steintobel, jusqu'aux environs du Metzgerobel. Avant d'arriver à l'alpage même, la limite supérieure du Norien traverse la Lutz et remonte vers Itschgernay pour passer derrière le Glattjöchel au nord du Schadonapass. La limite inférieure de la dolomie de l'écaille de la Wandfluh traverse la Lutz derrière l'alpage du Metzgerobel pour se diriger vers le Rothorn, au sud du Schadonapass, et plus loin, vers Legerzu.

Au Schadonapass même, et dans toute la région entre les limites de ces dolomies, nous rencontrons le Rhétien, le Lias, l'Oolithique et le Crétacé de l'écaille du Steintobel qui, réduits et laminés entre le Hutlatal et le Metzgerobel, reprennent là leur puissance normale et sont aussi plissés que dans le Steintobel. Entre la Heimwaldalp et le Metzgerobel, nous traversons tous les terrains du Crétacé au Rhétien supérieur; cette première écaille remonte vers le Rothorn, tombant sous la dolomie de l'écaille de la Wandfluh. Le contact entre le Lias et le calcaire du Rhétien supérieur n'est pas normal, on y trouve des lambeaux de calcaires jurassiques que Mylius a déjà figurés sur sa carte. Une deuxième zone de Lias et de calcaires du Rhétien supérieur au nord de cette première, descend du col même vers Itschgernay et

Heimwaldalp. C'est la seule qui, laminée et écrasée, se continue sur la rive gauche du Walsertal vers le Hutlatal. Au-dessus d'Itschgernay et au nord de Schadona, le Rhétien supérieur forme un plateau légèrement ondulé, un véritable champ de lapiaz. Sur l'arête qui du Glattjöchl se dirige vers le S.-E., se montrent les nombreuses fractures et plis qui affectent ce plateau, dans les lambeaux de Lias et les couches de Kössen qui constituent cette crête.

19) LE ZITTERKLAPFEN.

La longue chaîne dolomitique qui s'élève à droite du Walsertal entre Sonntag et Itschgernay, porte le nom de Zitterklapfen. Elle forme une écaille indépendante, au nord de celle du Steintobel. Le Flysch qui, jusqu'à Sonntag, constituait à Garsella et dans la partie inférieure du Steintobel, la base de cette écaille traverse le Walsertal comme l'a déjà reconnu Gumbel, puis après lui Richthofen, peu à l'est de Sonntag près des maisons de Seeberg. C'est là aussi que se termine vers l'ouest, l'écaille du Zitterklapfen. La dolomie monte d'abord au Blasenka et continue après dans le Glattecker et au nord du Schadonapass dans la Niederkinzelspitze où elle chevauche sur le Flysch. Les terrains plus récents de l'écaille du Zitterklapfen apparaissent pour la première fois aux environs de Buchboden. Dans le premier ravin à l'est de ce village, on trouve sous la dolomie qui forme la base de l'écaille de la Wandfluh, le Rhétien supérieur près du sentier pour Rothenbrunnen, puis le Lias et les radiolarites, plongeant vers le sud. Le Crétacé qui succède aux radiolarites est plissé ensemble avec les calcaires jurassiques et fortement érabouillé et laminé. Dans la partie moyenne et supérieure de ce ravin, les radiolarites, le Lias et le Rhétien affleurent jusqu'au pied de la paroi dolomitique du Blasenka. L'écaille de la Wandfluh chevauche donc ici sur un

synclinal de l'écaïlle du Zitterklapfen. Nous pouvons suivre ce synclinal sur tout le versant sud du Zitterklapfen, plongeant toujours sous la dolomie de l'écaïlle de la Wandfluh. Ainsi que le synclinal, elle remonte de Buchboden vers l'est jusqu'à l'alpage d'Überlaut où le synclinal et la dolomie tournent brusquement vers le nord. Dans le second ravin, à l'est de Buchboden, un anticlinal dans le Rhétien supérieur apparaît à la base du flanc méridional du synclinal, refoulant le noyau du synclinal à quelques centaines de mètres plus haut sur la pente. Au-dessus des cabanes de l'alpage d'Überlaut, il se produit sous la poussée de l'écaïlle de la Wandfluh, une forte réduction du synclinal qui, en même temps, s'écaïlle en plusieurs lames. Cet écaïllement est surtout bien visible aux Kunkelspitzen (voir fig. 6), où le flanc septentrional du synclinal a disparu jusqu'à une petite lame de Rhétien apparaissant au nord du Crétacé. L'écrasement est encore plus intense au fond du val-lon entre Überlaut et Itschgernay, où le synclinal du Zitterklapfen a une direction S.W.-N.E.

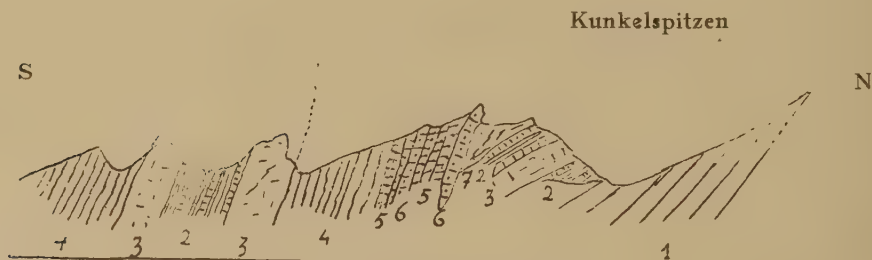


FIG. 6. PROFIL DES KUNKELSPITZEN

LÉGENDE : 1. — Norien=Hauptdolomit, 2. — Couches de Kössen. 3 — Calcaires du Rhétien supérieur, 4. — Couches d'Allgäu, 5. — Radiolarites, 6. — Calcaires gris jurassiques

Il reprend une direction W.-E. à partir de là, mais reste réduit et laminé jusque dans la vallée de la Bregenzerach où il s'étire complètement.

Le versant septentrional du Zitterklapfen révèle

une structure assez compliquée dans le détail depuis la Neunguntenalp jusqu'à Sonntag. En montant de Seeburg vers l'arête de Zabern, on rencontre localement, entre la dolomie et le Flysch, une série normale du Rhétien au Crétacé. Le plus souvent par contre, ce ne sont que les lambeaux d'un de ces terrains qui ont joué le rôle de zone de friction entre le Flysch et la nappe de l'Allgäu. La série de ces terrains est de nouveau très puissante et complète au nord du Blasenka, quoique l'ordre stratigraphique des couches n'y soit plus maintenu. Entre le Glattecker, sommet le plus élevé de la chaîne du Zitterklapfen, et le Kresshorn, la dolomie de l'écaille du Zitterklapfen n'est de nouveau accompagnée que d'une lame de radiolarites et de grès et schistes du Crétacé. Vers l'est, ces roches doivent se laminer très vite et la dolomie du Zitterklapfen chevauche sur celle du Kresshorn, sans qu'on trouve la moindre roche étrangère entre les deux.

L'écaille du Kresshorn est constituée par tous les terrains, quoique très réduits, du Norien au Crétacé supérieur. Les marnes, les calcschistes gris et rouges reposent, dans l'Aefintobel, immédiatement sur le Flysch, tandis que près de l'Annaalp, le Jurassique le Lias et le Norien reparaissent au nord du Crétacé et forment ainsi un synclinal qui s'étend encore au-delà de la Neunguntenalp jusqu'au nord des Kinzelspitzen.

Conclusions Générales

1) LA STRUCTURE DU RHÉTICON.

Les unités tectoniques plongent dans le Rhéticon vers l'est, laminées ou accumulées et toujours écaillées sous la nappe de la Silvretta ou celle du Lechtal, qui leur ont imposé leur structure définitive. Ces nap-

pes inférieures du Falknis et de la Sulzfluh chevauchant sur le Flysch du Praetigau, et localement plissées avec lui, ont été entraînées dans une phase postérieure à leur mise en place par les nappes austroalpines supérieures. Sous le Cristallin de la Silvretta, la nappe du Falknis reste extrêmement réduite, tandis que la nappe de la Sulzfluh et les imbrications d'Arosa, très puissantes, sont plusieurs fois écaillées. Sous la Scesaplana, elles sont laminées et étirées et, seulement plus à l'ouest, dans la région étudiée par Trümpy, le couple Falknis-Sulzfluh reparait, surtout la nappe du Falknis très bien développée en plusieurs écailles plissées. Dans le Flysch du Praetigau, on reconnaît tout un système de plis et de replis qui sous les nappes susjacentes prennent un certain alignement et ont le même plongement qu'elles. C'est surtout la zone des grès de Ruchberg qui, quoique plusieurs fois écaillée, se trouve dans le Rhéticon moyen et oriental au sommet du Flysch, comme si elle appartenait déjà aux lambeaux de la nappe du Falknis. La série de Gandawald, extrêmement plissée et plissotée, chevauche sur la série inférieure des schistes lustrés.

Les auteurs suisses ont en général rangé le Flysch dans la plus haute nappe penninique, celle de la Margna. Les nappes du Falknis, de la Sulzfluh, et la zone d'écailles d'Arosa, ont été considérées comme unités austroalpines.

Plus récemment, M. Haug (190), a émis une nouvelle hypothèse relative à l'enracinement de ces unités tectoniques, en se basant sur les analogies de faciès avec les nappes des Alpes occidentales. Le Flysch du Praetigau est assimilé à la nappe de l'Embrunais. Le couple du Falknis et de la Sulzfluh correspond au Briançonnais, les imbrications d'Arosa sont considérées, ainsi que par Staub, comme appartenant à la nappe de Platta. Cette manière de voir évite les complications tectoniques nées de l'interprétation de

Staub, qui fait passer cette zone d'écaillés aux environs d'Arosa, à travers la nappe du Falknis et de la Sulzfluh, pour lui, supérieures à la nappe de Platta.

2) LA NAPPE DU LECHTAL ET LA NAPPE DE L'ALLGÄU
DANS LE VORARLBERG.

M. Haug a réuni en 1904 (63) et en 1906 (71), les nappes des Alpes calcaires septentrionales entre le Rhéticon et la région de Salzbourg, sous le nom de *Nappe de Bavière*. Rothpletz et Ampferer y ont établi une subdivision en trois nappes, celles de l'ALLGÄU, du LECHTAL et de l'INNTAL.

Trümpy a distingué dans le Rhéticon, quatre écaillés différentes, décollées de leur substratum cristallin de la nappe de la Silvretta et imbriquées vers le nord les unes sur les autres. D'après lui, seule la plus méridionale, celle de la Scesaplana, appartiendrait à la nappe du Lechtal. Les trois autres représenteraient la nappe de l'Allgäu. J'ai pu montrer qu'il n'en est pas ainsi et que la nappe de l'Allgäu traverse en un seul endroit, et uniquement avec son écaille la plus méridionale, celle du Hängender Stein, la vallée de l'Ill. Elle n'a pas été reconnue par Trümpy dans la région entre Bludenz et Nenzing, au-dessous du Klampnerschroffen. Toutes les quatre unités distinguées par cet auteur, dont la troisième et la quatrième ne se trouvent que dans le Rhéticon, appartiennent donc à la nappe du Lechtal.

J'ai été amené à distinguer dans cette nappe du Lechtal, dans la région qui fait l'objet de ce travail, trois principales écaillés qui, en allant vers l'est, se soudent de telle sorte, qu'à partir de Dalaas, cette nappe n'est représentée que par une seule écaille qui est celle du Klostertal.

La plus méridionale des écaillés de la nappe du Lechtal est celle de la Scesaplana. Au sud, elle est en

contact avec le Cristallin de la Silvretta d'une part, et la zone d'écailles d'Arosa d'autre part. Au nord, elle chevauche sur la petite troisième écaille de Trümpy et sur celle du Klostertal, séparée des deux par les roches dites « exotiques », c'est-à-dire des lambeaux des imbrications d'Arosa. Entre Bürs et Braz s'intercale, entre ces deux écailles principales de la nappe du Lechtal, une zone de Ladinien, soit comme sous-écaille indépendante, soit comme flanc septentrional d'un anticlinal qui, à partir d'Innerberg, relie l'écaille de la Scesaplana à celle du Klostertal. Dans le Rellstal, le Cristallin de la Silvretta atteint en coin rentrant son extrémité occidentale. Il a occasionné là des écailllements à la base de l'écaille de la Scesaplana, depuis le Sacktobel jusqu'au Cavelljoch. Dans l'angle mort, entre ce Cristallin et les nappes de la chaîne frontière du Rhéticon qui plongent sous lui, se sont accumulés tous les petits lambeaux triasiques qui constituent les imbrications de Salorien. La direction de cette poussée était du S.-E. vers le N.-W., ainsi que nous le montrent les axes des plis. Nous avons vu les efforts de cette poussée aux environs de Brand, où derrière le bombement axial, le synclinal s'écaille. Nous le constatons aussi dans le Sarotlatal, où se forme un anticlinal s'enfonçant dans le synclinal et qui, à la Zimba, porte un chapeau de terrains récents de ce pli en retour. La direction et le plongement axial de ce synclinal subissent constamment des changements qui sont dûs au plongement général du plan de chevauchement et à la résistance des môles de Hauptdolomit qui encadrent les terrains plus récents. A la Scesaplana même, l'axe du synclinal est peu incliné et dirigé à peu près 10° N. A Schattenlagant, et le long de la Fluralp, la direction devient S.-N. ; à Brand, elle dévie le bombement et elle est accompagnée d'une forte montée axiale. Dans le Sarotlatal, la direction est S.W.-N.E., perpendiculaire au sens de la poussée. Une nouvelle

déviations se produisent au Kennerberg, sous l'anticlinal de la Zimba. Jusqu'à Lorüns, elle reste de nouveau S.W.-N.E., accompagnée déjà à partir de Brand, d'un plongement axial vers le N.-E. En traversant le Montafon, l'écaille entière tourne vers l'est, tous les terrains l'un après l'autre épousent la nouvelle direction et, saccadé par des failles, le synclinal de terrains liasiques, jurassiques et crétacés se soulève dans cette même direction, de sorte que, jusqu'à Dalaas, le Norien seul constitue sa continuation. Là, où cette montée axiale fait disparaître le Rhétien, commence plus au sud un second synclinal au milieu du Carnien, ne comprenant que le Norien, et, à son extrémité orientale, une lame de couches de Kössen. L'axe de ce synclinal qui, à Itons, est accompagné d'un petit anticlinal faillé, s'infléchit légèrement vers l'est.

La deuxième écaille de la nappe du Lechtal qui, à l'est de Dalaas entre en contact avec le Cristallin, est connue à partir du Fundelkopf jusque bien au-delà du col d'Arlberg. Dans le Rhéticon seulement, elle s'enfonce sous l'écaille de la Scesaplana. A Bürs, elle est plissée, comme Trümpy l'a déjà remarqué, avec la base de cette nappe susjacente. Nous avons séparé ce Ladinien qui, visiblement jusqu'à Rungelin et St-Leonhard, sépare les deux unités, sous le nom d'écaille de Rungelin. Cette lame plonge dans le Grubsertobel même, sous l'écaille du Klostertal qu'elle surmonte plus à l'ouest. Au bord septentrional de l'écaille du Klostertal apparaît à l'ouest, sous le Klampnerschroffen, d'abord la dernière lame de la première écaille de Trümpy, ensuite l'écaille du Hängender Stein et, à Nüziders, le Flysch du Vorarlberg, sur lequel chevauche une lame de la nappe du Falknis. Cette fenêtre de Nüziders est assez étrange, elle nous montre que, très loin encore au nord du Rhéticon, la nappe du Falknis s'infiltré entre les nappes austro-alpines. Le Flysch qui accompagne le Crétacé du Falknis, nous apprend que l'écaille du Hängender

Stein ne peut pas pénétrer très profondément, qu'elle doit se morceler en profondeur sans se souder à la nappe du Lechtal, à moins qu'à Nüziders il y ait un encapuchonnement et que la dolomie du Hängender Stein, en venant du Sud, ait entraîné le Flysch avec elle.

A partir du ravin de Nüziders, l'écaille du Klostertal chevauche jusqu'à Klesenza sur la troisième écaille de la nappe du Lechtal, celle du Hochfrassen. Au nord de l'alpage Klesenza, jusqu'au Feuerstein et plus à l'est, en dehors de la région étudiée, à la Braunarlspitze, l'écaille du Hochfrassen, soudée à celle du Klostertal, décrit le pli frontal de la nappe du Lechtal.

De Lagutz au Radonatobel, nous avons suivi, au milieu de l'écaille du Klostertal, l'importante faille de Formarin qui, comme Ampferer l'a déjà dit (186), a abaissé, dans le Radonatobel, le quartier méridional de plus de 600 m. Aux environs du col d'Arlberg, le synclinal de la Rote Wand porte les premiers témoins d'une unité supérieure à la nappe du Lechtal, celle de l'Inntal. Au nord de ce col, dans le Lechtal, nous voyons apparaître, d'après les travaux d'Ampferer, à la base de notre écaille du Klostertal, une nouvelle écaille, qui, à son tour, représente vers l'est la principale masse de la nappe du Lechtal. Depuis le Rhéticon, nous voyons donc que toujours les écailles inférieures remplacent, en allant vers l'est, les écailles supérieures ou méridionales. A l'écaille de la Scesaplana fait suite celle du Klostertal qui, à son tour, est remplacée par celle de l'Allgäuer Hauptkamm.

Dans les cinq écailles de la nappe de l'Allgäu que nous avons pu reconnaître dans le Walsertal, le plongement axial est des plus variable. Elles se terminent successivement vers l'est soit en se laminant, soit par une montée axiale qui les fait chevaucher sur le Flysch.

La nappe de l'Allgäu est une série d'écailles où le

Hauptdolomit de l'écaille méridionale chevauche sur les terrains du Lias au Crétacé de l'unité inférieure ou septentrionale. La nappe du Lechtal, tout au moins à l'est du Rhéticon, est caractérisée par ses grands plis (pli frontal, pli de la Scesaplana, pli du Rothorn-Ganahlskopf).

3) LE CRISTALLIN DE LA SILVRETTA.

Le Cristallin de la Silvretta plonge dans le Rellstal vers le sud, tandis que l'écaille de la Scesaplana plonge vers le nord. Nous avons reconnu, dans le Cristallin même, quatre écailles différentes, chevauchant en général avec les othorgneiss à leur base, sur le Verrucano ou, à son défaut, sur les paragneiss de l'unité inférieure. Les lames de grès rouges et de calcaires noirs, représentent les noyaux synclinaux des digitations du pli frontal de la nappe de la Silvretta. L'écaille de Tschagguns représente un pareil synclinal mieux développé, enveloppé de toute part par des gneiss.

PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTÉS

1. 1843. A. R. SCHMIDT, Vorarlberg nach den vom Geognostisch-Montanistischen Verein für Tirol und Vorarlberg veranlassten Begehungen, Innsbruck, 1843.
2. 1846. A. ESCHER VON DER LINTH, Beiträge zur Kenntniss der Tiroler und Bayerischen Alpen. Leonhardt und Bronn, *Jahrbuch für Min. etc.*, 1846, p. 536-561.
3. 1846. A. ESCHER VON DER LINTH, Geognostische Beobachtungen über einige Gegenden des Vorarlbergs. Leonhardt und Bronn, *Jahrbuch für Min. etc.*, 1846, p. 420-443.
4. 1851. B. STUDER, Geologie der Schweiz. Bd. I. Berne, In 8°.
5. 1853. A. ESCHER VON DER LINTH, Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. *Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.*, 1853, Bd. XIII, p. 135, 10 pl.
6. 1853. B. STUDER, Geologie der Schweiz. Bd. II. Berne, In 8°.
7. 1856. C. W. GÜMBEL, Beiträge zur geognostischen Kenntniss von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1856, Bd. VII, p. 1-39.
8. 1859. F. V. RICHTHOFEN, Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1859, Bd. X, p. 72-137.
9. 1861. C. W. GÜMBEL, Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha, 1861, in 8°, 950 p., 35 pl.
10. 1862. F. V. RICHTHOFEN, Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1862, Bd. 12, p. 87-206.
11. 1863. G. THEOBALD, Geologische Beschreibung der nordöstlichen Gebirge von Graubünden. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, 1863, Liefg. 2.

12. 1864. C. MAYER, Diagnoses de deux Bélemnites nouvelles. *Journal de Conchyologie*, 1864, Bd. 12, p. 75-76.
13. 1868. K. ZITTEL, Stramberg. Obere Jura-und Kreide-Schichten in den Allgäuer und Vorarlberger Alpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1868, p. 1-4.
14. 1872. E. v. MOJSISOVICS, Aus den vorarlbergischen Kalkalpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1872, p. 254-256.
15. 1873. — — Beiträge zur topischen Geologie der Alpen, 3. Der Rhätikon (Vorarlberg). *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1873, Bd. xxiii, p. 137-174, 1 carte.
16. 1875. A. WALTENBERGER, Die Rhätikon Kette, Lechtaler und Vorarlbergeralpen. *Petermanns geogr. Mitt. Ergänzungsheft*. Bd. XL. Gotha, 40 p.
17. 1876. BENECKE, Muschelkalkablagerungen der Alpen. *Geogn. Paläont. Beiträge*, München, 1876, Bd. II, p. 57.
18. 1876. G. A. KOCH, Reisebericht Nr. 1 aus dem Montafon im Juli 1876, p. 320-323. Reisebericht Nr. 2, etc... im August 1876, p. 343-346 in *Verh. geol. Reichsanst.*,
19. 1877. — — Ein Beitrag zu den geologischen Aufnahmen im Rhätikon und Silvrettagruppe. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1877, p. 202-205.
20. 1882. G. WUNDT, Über die Lias-Jura und Kreide-Ablagerungen um Vils in Tirol. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1882, Bd. xxxii, p. 165-191.
21. 1883. A. ROTHPLETZ, Zum Gebirgsbau der Alpen beiderseits des Rheines. *Zeitschr. der Deutsch. Geol. Ges.*, 1883, Bd. xxxv, p. 134-189, 2 pl.
22. 1884. G. A. KOCH, Die Abgrenzung und Gliederung der Silvrettagruppe. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1884, p. 398.
23. 1885. K. DIENER, Über den Lias der Rofan-Gruppe. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1885, Bd. xxxv, p. 27-36.
24. 1886. G. GEYER, Über die Lagerungsverhältnisse der Hierlatzschichten in der südl. Zone der Nordalpen vom Pass Pyhrn bis zum Achensee. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1886, Bd. xxxvi, p. 215-294.

25. 1886. A. ROTHPLETZ, Geologisch-paläontologische Monographie der Vilser Alpen. *Paläontographica*, 1886, Bd. xxxiii.
26. 1886. Fr. WÄHNER, Zur heteropischen Differenzierung des alpinen Lias. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1881, p. 168-176 et 190-205.
27. 1886. G. G. WINKLER, Nachweise über den untern Lias in den Bayerischen Alpen. *Neues Jahrbuch für Min.*, 1886, Bd. II, p. 34.
28. 1888. A. F. LÖWL, Der Lünensee. *Zeitschr. des Deutsch. und Oester. Alpenvereins*, 1888.
29. 1888. A. ROTHPLETZ, Das Karwendelgebirge. *Zeitschr. des Deutsch. und Oester. Alpenvereins*, 1888, p. 1-72, 1 carte, 9 pl.
30. 1888. C. SAPPER, Über die geologischen Verhältnisse des Juifen und seiner Umgebung. Stuttgart, 1888, Inaugural-Dissertation.
31. 1889. ECK, Über die Verbreitung der Crinoiden-Schichten im Muschelkalk Vorarlbergs. *Zeitschr. der Deutsch. Geol. Ges.*, 1889, Bd. XII, p. 559-562.
32. 1889. S. v. WÖHRMANN, Die Fauna der sogenannten Cardita- und Raibler-Schichten in den Nordtiroler und bayerischen Alpen. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1889, Bd. xxxix, p. 181-258, 6 pl.
33. 1890. E. JUSSEN, Beiträge zur Kenntnis der Klausschichten in den Nordalpen. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1890, Bd. XL, p. 381-398, 1 pl.
34. 1891. Ch. TARNUZZER, Der geologische Bau des Rhätikon-gebirges. *Jahresber. naturf. Ges. Graubündens*, Bd. xxxv, 124 p.
35. 1892. E. BÖSE, Die Fauna der Lias Brachiopodenschichten von Hindelang (Allgäu), *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1892, Bd. XLII, p. 627-650, 2 pl.
36. 1892. L. MILCH, Beiträge zur Kenntnis des Verrucano. Leipzig, 1892, 2 Bd. : 1) 145 p. ; 2) 174 p.

37. 1892. Th. SKUPHOS, Die stratigraphische Stellung der Partnach, und der sogenannten unteren Carditaschichten in den Nordtiroler und bayerischen Alpen. *Geognostische Jahreshefte*, Bd. iv, p. 87-142.
38. 1893. E. BÖSE, Geologische Monographie der Hohenschwangauer Alpen. *Geognostische Jahreshefte*, Bd. vi, p. 1-48, 1 carte et 1 prof.
39. 1893. E. HAUG, Le Trias alpin. *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 30 avril 1893, n° 8, p. 241-246.
40. 1893. Th. SKUPHOS, Über die Entwicklung und Verbreitung der Partnachschichten in Vorarlberg und Fürstentum Lichtenstein. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1893, Bd. XLIII, p. 145-178. 1 pl.
41. 1893. — Über *Partanosaurus Zitteli* und *Microleptosaurus Schlosseri*, nov. gen., nov. sp., aus den Vorarlberger Partnachschichten. *Abhandl. geol. Reichsanst.*, 1893, Bd. xv, 16 p., 3 pl.
42. 1894. E. BÖSE, Über liasische und mittelmurassische Fleckenmergel in den bayerischen Alpen. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1894, Bd. XLVI, p. 703-768, 2 pl.
43. 1894. W. GÜMBEL, Geologie vom Bayern, Bd. II. Cassel, 1894.
- 43b. 1894. G. A. KOCH, Die Gneissinseln und krystallinischen Gesteine zwischen Rells und Gauertal im Rhätikon. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1894, p. 327-352.
44. 1895. H. HEIMBACH, Geologische Neuaufnahme der Farchanter Alpen. München, 1896, 30 p., 1 carte, 1 prof.
45. 1895. M. SCHLOSSER, Zur Geologie von Nordtirol. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1895, p. 340-360.
46. 1896. E. HAUG, Contribution à l'étude des lignes directrices de la chaîne des Alpes. *Annales de Géographie*, Paris, 1896, t. III, p. 150-178, pl. v.
47. 1896. U. SOEHLE, Geologische Aufnahmen des Labergebirges bei Oberammergau in besonderer Berücksichtigung des Cenomans in den bayerischen Alpen. *Geognostische Jahreshefte*, 1896, Bd. ix, p. 1-66, pl. I-VIII, 1 carte.

48. 1898. O. AMPFERER und W. HAMMER, Geologische Beschreibung des südlichen Theiles des Karwendelgebirges. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1898., Bd. XLVIII, p. 289-374.
49. 1898. U. SOEHLE, Das Ammergebirge. *Geognostische Jahreshefte*, 1898, Bd. XI, p. 39-89, 14 pl., 2 cartes géol.
50. 1899. A. ROTHPLETZ, Über den Rhätikon und die grosse rhätische Überschiebung. *Discuss. Steinmann. Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1899, Bd. LI, p. 86-94.
51. 1900. — Geologische Alpenforschungen. I : Das Grenzgebiet zwischen den Ost und Westalpen und die rhätische Überschiebung. München, 1900, 176 p., 5 pl.
52. 1900. — Geologische Wanderungen im Rhätikon. *Zeitschr. des Deutsch. und Oester. Alpenvereins*. Bd. XXXI, p. 42-51.
53. 1901. M. LUGEON, Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *B. S. G. Fr.*, 4^e série, vol. I, p. 723-825, pl. XIV-XVII.
54. 1902. J. BLAAS, Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen. Innsbruck, 1902, p. I-XXIII, 1-983, 2 cartes.
55. 1902. Th. LORENZ, Geologische Studien im Grenzgebiete zwischen helvetischer und ostalpiner Facies. II. Theil : südlicher Rhätikon. *Berichte naturf. Ges.* Freiburg i. B., 1902, Bd. XII, p. 34-95, 9 pl., 1 carte.
56. 1902. A. ROTHPLETZ, Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Überschiebungen zwischen Bodensee und Engadin *Sammlung geol. Führer*. Berlin, 1902, p. 1-256.
57. 1903. O. AMPFERER, Geologische Beschreibung des nördlichen Theiles des Karwendelgebirges. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1903, Bd. LIII, p. 169-252, pl. IX-X.
58. 1903. C. DIENER, R. HOERNES, F. E. SUESS, V. UHLIG, Bau und Bild Österreichs. Wien, 1903, in 8°, XXIV-1110 p., 4 pl., 8 cartes.

59. 1903. C. ESCHER-HESS, Mikroskopische Untersuchungen einiger Sedimente Trias-Lias. Zürich, 1903, in 8°, 28 p., 6 pl., 13 tableaux.
60. 1903. P. TERMIER, Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. *B. S. G. Fr.*, 4° série, t. III, p. 711-765, 1 pl. (5 coupes), 4 fig.
61. 1903. F. WÄHNER, Das Sonnwendgebirge im Unterinntal. Erster Theil, 96 fig., 1 carte géol., Leipzig, Wien 1903.
62. 1904. O. FIEDLER, Über Versteinerungen aus den Arlbergschichten bei Bludenz und einige neue Fundorte von Flysch und Aptychenkalken im oberen Grossen Walsertal Vorarlbergs. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1904, p. 8-13.
63. 1904. E. HAUG et M. LUGEON, sur l'Existence dans le Salzkammergut, de quatre nappes de charriage superposées. *C. R. Ac. S. Paris*, t. CXXXIX, p. 892-894.
64. 1905. O. AMPFERER, Geologische Beschreibung des Seefelder-Mieminger und südlichen Wettersteingebirges. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1905, Bd. LV, p. 451-562.
65. 1905. — Einige allgemeine Ergebnisse der Hochgebirgsaufnahmen zwischen Achensee und Fernpass. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1905, p. 118-125.
66. 1905. G. v. ARTHABER und F. FRECH, Die alpine Trias des Mediterran Gebietes, in *Lethaea geognostica*, II Teil., Bd. I, Stuttgart, in 8°, p. 223-472, 33 pl., 4 tab.
67. 1905. J. KNAUER, Geologische Monographie des Herzogstand-Heimgartengebietes. *Geognostische Jahreshefte*, 1905, Bd. XVIII, p. 73-112, 1 carte, 1 pl.
68. 1905. A. ROTHPLETZ, Geologische Alpenforschungen. II, Ausdehnung und Herkunft der rhätischen Schubmasse. München, 1905, VIII+261 p., 1 carte.
69. 1905. G. SCHULZE, Die geologischen Verhältnisse des Allgäuer Hauptkammes von der Rotgrundspitze bis zum Kreuzeck und der nördlich ausstrahlenden Seitenäste. *Geognostische Jahreshefte*, 1905, Bd. XVIII, p. 1-38, 2 cartes.

70. 1905. G. STEINMANN, Geologische Beobachtungen in den Alpen. II Teil, Die Schardtsche Überfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolitischen Massengesteine. *Berichte naturf. Ges. Freiburg*, i. B., Bd. xvi, p. 18-49.
71. 1906. E. HAUG, Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales. *B. S. G. Fr.*, 11 juin 1906, 4^e série, t. vi, p. 359-422, pl. x-xi.
72. 1906. W. v. SEIDLITZ, Geologische Untersuchungen im östlichen Rhätikon. *Berichte naturf. Ges. Freiburg*, i. B., Bd. xvi, p. 232-366, 5 pl.
73. 1906. G. STEINMANN, Geologische Beobachtungen in den Alpen. Probleme des Alpengebirges. Eine Einführung in das Verständnis des Gebirgsbaues der Alpen. *Zeitschr. des Deutsch. und Oester. Alpenvereins*, Bd. xxxvii, p. 1-45, pl. xi, 1 carte.
74. 1907. O. AMPFERER, Zur neuesten geologischen Erforschung des Rhätikongebirges. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1907, p. 192-200, 5 fig.
75. 1907. A. TORNQVIST, Vorläufige Mitteilungen über die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone. *Sitzungsber. Akad. Wissensch.* Berlin, 1907, p. 591-599.
76. 1908. O. AMPFERER, Über neuere Erfahrungen der Geologie Lechtaler und Allgäuer Alpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1908, p. 162.
77. 1908. — Glazialgeologische Beobachtungen in der Umgebung von Bludenz. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1908, Bd. LVIII, p. 627-636.
78. 1908. — Studien über die Tektonik des Sonnwendgebirges. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1908, Bd. LVIII, p. 281-304.
79. 1908. A. TORNQVIST, Noch einmal die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und der submarine Einschub ihrer Klippenzone. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1908, p. 326-332.

80. 1908. — Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Beziehungen zu den ostalpinen Deckenschüben. *Neues Jahrbuch für Min.*, 1908, p. 63-112, 8 pl., 1 carte.
81. 1909. O. AMPFERER, Über Gosau und Flyschablagerungen in den tirol. Nordalpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1909, p. 144.
82. 1909. — Geol. Bau der Berge des Sulztales. 16 *Jahresber. des Akad. Alpenklubs*, Innsbruck, 1909, p. 1-15.
83. 1909. O. AMPFERER und Th. OHNESORGE, Über exotische Ablagerungen in der Gosau und verwandten Ablagerungen in den tirolischen Nordalpen. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1909, Bd. LIX, p. 289-332.
84. 1909. J. BLAAS, Der geologische Bau der Tiroler Alpen. Innsbruck, 1909.
85. 1909. U. GRUBENMANN, Beiträge zur Geologie des Unterengadins. II Teil. Die Kristallinen Gesteine. *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz.*, n° 53. N. F. 23. Lief., p. 146-248, 1 carte, 1 pl.
86. 1909. A. HAAS, Zum geologischen Bau der Umgebung des Formarinsees in den Lechtaler Alpen. *Mitt. der geol. Ges.*, Wien II, p. 384-391.
87. 1909. E. HAUG, Sur les nappes des Alpes orientales et leurs racines. *C. R. Acad. Sc, Paris*. 1^{er} juin 1909, t. 148, p. 1476-1478.
88. 1909. H. MYLIUS, Die geologischen Verhältnisse des hinteren Bregenzer Waldes in den Quellgebieten der Breitach und der Bregenzer Ach bis südlich zum Lech. *Mitt. geogr. Ges.*, München, 1909, Bd. IV, p. 1-96, 10 pl., 1 carte.
89. 1910. O. AMPFERER, Aus den Allgäuer und Lechtaler Alpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1910, p. 58-59.
90. 1910. F. HAHN, Geologie der Kammerker-Sonntagshorngruppe. I Theil, *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1910, Bd. LX, p. 311-420, 2 pl. ; II Theil : p. 637-712, 4 pl.

91. 1910. O. REIS, Erläuterungen zur geologischen Karte des Wettersteingebirges, *Geognostische Jahreshefte*, 1910, Bd. xxiii, p. 61-114, 1 pl., 2 cartes.
92. 1910. W. v. SEIDLITZ, Über Granitmylonite und ihre tektonische Bedeutung. *Geologische Rundschau*, 1910, Bd. I, p. 188-197.
93. 1910. — Der Aufbau des Gebirges in der Umgebung der Strassburghütte an der Scesaplana *Festschrift zum 25 jährigen Bestehen der Sektion Strassburg i E. des Deutsch-Oester, Alpenvereins*. In 8°, p. 45-68.
94. 1911. O. AMPFERER und W. HAMMER, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu bis zum Gardasee. *Jahrb. geol. Reichsanst.* 1911, Bd. LXL, p. 531-709, 3 pl. : xxxii-xxxiv,
95. 1911. F. HAHN, Ergebnisse neuerer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. I : Allgäuer Alpen und angrenzende Gebiete. *Geologische Rundschau*, 1911, Bd. II, p. 297-219.
- 95b. 1911. — Neue Funde im Nordalpinen Lias der Achenseegegend und bei Ehrwald. *Neues Jahrb. für Min...* Beil. Bd. xxxii, p. 535-577, pl.xx-xxi.
96. 1911. C. A. HANIEL, Die geologischen Verhältnisse der Südadbachung des Allgäuer Hauptkammes und seiner südlichen Seitenäste vom Rauhgern bis zum Wilden. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.* 1911. Bd. LXIII, p. 1-37, 4 pl.
97. 1911. E. HAUG, Traité de géologie, Paris, 1911, t. I, II (fasc. 1, 2, 3).
98. 1911. H. MYLIUS, Jura, Kreide und Tertiär zwischen Hochblanken und Hohen Ifen. *Mitt. geol. Ges.*, Wien, 1911, Bd. iv, p. 483-618, 4 pl., 1 carte.
99. 1911. H. PONTOPPIDAN, Die geologischen Verhältnisse des Rappenalpentaales sowie der Bergkette zwischen Breitach und Stillach. *Geognostische Jahreshefte*, 1911, Bd. xxiv, p. 1-22, 1 pl., 1 carte.

190. 1911. E. SUESS, La face de la terre (trad. de Margerie), Paris, 1911, in 4° : Bd. III, fasc. II, ch. xiv : les Alpes, p. 771-836.
101. 1911. W. v. SEIDLITZ, Schollenfenster im Vorarlberger Rhätikon und im Fürstentum Lichtenstein, *Mitteil. geol. Ges.*, Wien, 1911, Bd. iv, B. p. 37-62, 2 pl.
162. 1912. D. AIGNER, Das Benediktenwandgebirge. *Mitteil. geol. Ges.*, München, 1912, Bd. vii, p. 317-421, 1 pl., 1 carte géol.
103. 1912. O. AMPFERER, Über die Gosau des Muttekopfes. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, 1912, Bd. LXII, p. 289-310, 2 pl.
104. 1912. — Neue Funde in der Gosau des Muttekopfes. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1912, p. 120.
105. 1912. — Über den Nordrand der Lechtaldecke zwischen Reutte und Trettachtal. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1912, p. 334-335.
106. 1912. J. BOUSSAC, Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*, 1912, ch. i : p. 1-60 ; ch. xi : p. 495-546 ; ch. xii : p. 547-574 ; ch. xiii : p. 575-615.
107. 1912. E. DACQUÉ, Geologische Aufnahme des Gebietes um den Schliersee und Spitzingsee in den oberbayerischen Alpen. *Mitteil. geogr. Ges.*, München, 1912, Bd. xv, p. 211-279, 2 pl.
108. 1912. L. KOBER, Über Bau und Entstehung der Ostalpen. *Mitteil. geol. Ges.*, Wien, 1912, Bd. v, p. 368-481, 7 pl.
109. 1912. C. LEBLING, Ergebnisse neuerer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. 2. Die Kreideschichten der bayerischen Voralpenzone, *Geologische Rundschau*, 1912, Bd. iii, p. 483-508.
110. 1912. H. MYLIUS, Geologische Forschungen an der Grenze zwischen Ost- und Westalpen, München, 1912 et 1913, 2 Vol. in 8°. 1) 153 p., 14 pl., 3 cartes. 2) 186 p., 23 pl., 3 cartes.

111. 1912. W. v. SEIDLITZ, Sind die Quetschzonen des Westlichen Rhätikon exotisch oder ostalpin ? *Centralblatt für Min...*, 1912, p. 492-500, 534-542.
112. 1912. G. STEINMANN, v. SEIDLITZ und H. MEYER, Führer zu den geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern, 19 August bis 8 Sept. 1912, *Geologische Rundschau*, 1912, Bd. III, p. 421-456, 520-536, 1 carte.
113. 1913. O. AMPFERER, Das geologische Gerüst der Lechtaleralpen. *Zeitschr. des Deutsch. und Oester. Alpenvereins*, 1913, Bd. XLIV, p. 1-26.
114. 1913. L. KOBER, Führer zu geologischen Exkursionen in Graubünden und in den Tauern. VI. Radstätter Tauern. *Geologische Rundschau*, 1913, Bd. III, p. 524-528, pl. VI.
115. 1913. — Der Deckenbau der östlichen Nordalpen. *Denkschr. math. naturw. Klasse, Akad. Wiss.*, Wien, 1913, Bd. XXXVIII, p. 345-396, 2 cartes, 1 pl., 7 fig.
116. 1913. P. TERMIER, Die Wissenschaftlichen Ergebnisse der Alpenexkursion der geologischen Vereinigung, (aus dem Französischen übersetzt. C. R. Ac. Sc., Paris, t. 105, p. 602-607), *Geologische Rundschau*, 1913, Bd. IV, p. 42-50.
117. 1914. O. AMPFERER, Über den Bau der westlichen Lechtaleralpen. *Jahrb. geol. Reichsanst.*, Bd. LXIV, p. 307-326, pl. XIV.
118. 1914. J. BAYER, Identität der Achenschwankung Penk's mit dem Riss-Würm Interglazial. *Mitteil. geol. Ges.*, Wien, 1914, Bd. VII, p. 195-204.
119. 1914. K. BODEN, Geologische Aufnahme der Tegernseer Berge im Westen der Weissach. *Geognostische Jahreshefte*, 1914, Bd. XXIV, p. 173-214, 1 carte.
120. 1914. F. HAHN, Ergebnisse neuerer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. 3 : Die Kalkalpen Südbayerns. *Geologische Rundschau*, 1914, Bd. V, p. 112-145.

121. 1914. F. HERITSCH, Die Anwendung der Deckentheorie auf die Ostalpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1914, p. 95-112, 1 pl.
122. 1914. L. KOBER, Alpen und Dinariden. *Geologische Rundschau*, 1914, p. 175-204.
123. 1915. O. AMPFERER, An H. Mylius, über den Bau der westlichen Lechtaler Alpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1915, p. 117-119.
124. 1915. — Über den Wechsel von Kalt- und Schubrichtungen beim Bau der Faltengebirge. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1915, p. 163-167.
125. 1915. K. BODEN, Geologische Untersuchungen am Geigerstein und Fockenstein bei Lengries mit Berücksichtigung der Beziehungen zu den benachbarten Teilen der oberbayerischen Alpen. *Geognostische Jahreshefte*, Bd. xxviii, p. 195-235, 5 prof., 2 cartes.
126. 1915. W. HAMMER, Die Phyllitzone von Landeck (Tirol), *Verh. geol. Reichsanst.*, p. 96-97.
127. 1915. F. HERITSCH, Die österreichischen und deutschen Alpen bis zur alpino-dinarischen Grenze (Ostalpen). *Handbuch der regionalen Geologie*, Heidelberg, 1915, Bd. II, Abt. 5, Heft. 18, 153 p., 2 pl., 26 fig.
128. 1915. Löscher, Vorläufige Mitteilungen über Aufnahmeergebnisse zwischen Innsbruck und Leitzach. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1915, p. 67-96.
129. 1915. R. SPITZ und G. DYHRENFURTH, Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scaufs und dem Stilfserjoch. *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*, n° 74, N. F. 44 Lfg, 235 p., 1 carte, 3 pl.
130. 1916. A. FRAUENFELDER, Beiträge zur Geologie der Tessiner Kalkalpen. *Ecl. geol. Helv.*, 1916, Bd. xiv, p. 247-367, 5 pl.
131. 1916. H. MYLIUS, Ein geologisches Profil vom Säntis zu den Bergamasker Alpen. *Neues Jahrbuch für Min.*, Beil. Bd. xli, p. 237-341, pl. vi-xii, 40 fig.

132. 1916. R. STAUB, Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*. 1916, n° 76, N. F. 46. Lief. I Abt., p. 1-41, 1 carte tectonique.
133. 1916. Chr. TARNUZZER, Geologische Übersicht von Graubünden. *Clubführer des Schweiz. Alpen-Club. Suppl., Bd. Bündneralpen*, Chur, 1 carte géol., 20 fig., p. 1-52.
134. 1916. D. TRÜMPY, Geologische Untersuchungen im westlichen Rhätikon. *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*, n° 76, N. F. 46 Lief., II Abt., 1 carte géol., 5 pl.
135. 1917. O. AMPFERER, I. Über die Unterschiede der Entwicklung von Jura und Kreide im Sonnwendgebirge und in der Mulde von Ackenkirchen-Landl. II. Über das Juraprofil von Zürs am Flexenpass. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1917, p. 38-42.
136. 1917. B. SANDER, Notizen zu einer vorläufigen Durchsicht der von Ampferer zusammengestellten exotischen Gerölle der nordalpinen Gosau. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1917. p. 138-142.
137. 1917. R. STAUB, Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizalpen. *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*. 1917, n° 76, N. F. 46. Lief., III Abt., p. 165-198., pl. I-IV,
138. 1918. O. AMPFERER, Geologische Untersuchungen über die exotischen Gerölle und die Tektonik niederösterreichischer Gosau-Ablagerungen. *Denkschriften Akad. Wissen.*, Wien, 1918, Bd. xcvi, p. 1-56.
139. 1918. — Über die tektonische Heimatsberechtigung der Nordalpen. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1918, p. 63-76.
140. 1919. P. ARBENZ, Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. *Mitteil. der Naturf. Ges. Bern.*, 1918, *Sitz. Ber.*, p. xvii-xviii

141. 1919. J. CADISCH, W. LEUPOLD, A. EUGSTER, R. BRAUCHLI, Geol. Untersuchungen in Mittelbünden (vorläufige Mitteilung). *Vierteljahrschr. der Naturf. Ges.* Zürich, 1919, p. 359-417, pl. VIII-IX.
142. 1919. H. P. CORNELIUS, Zur Frage der Bewegungsrichtung der Allgäuer Überschiebungsdecke. *Verh. geol. Reichsanst.*, 1919, p. 305-317.
143. 1919. W. HAMMER, Die Phyllitzone von Landeck (Tirol). *Jahrb. geol. St. Anst.*, 1919, Bd. LXVIII, p. 205-258. pl. XII-XIV.
144. 1919. R. STAUB, Über das Längsprofil Graubündens. *Vierteljahrschr. Naturf. Ges.* Zürich, 1919, Bd. 64, p. 295-335, 1 pl.
145. 1920. O. AMPFERER und B. SANDER, Über die tektonische Verknüpfung von Kalk- und Zentralalpen. *Verh. geol. St. Anst.*, 1920, p. 121-131.
146. 1920. P. ARBENZ, Über die Faltenrichtungen in der Silvrettadecke Mittelbündens. *Ecl. geol. Helv.*, Bd. XVI, p. 116-119.
147. 1920. K. A. REISER, Geologie der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. *Geognostische Jahreshefte*, 1920, Bd. XXXIII, p. 55-198, 1 pl.
148. 1920. R. STAUB, Zur Nomenklatur der ostalpinen Decken. *Ecl. geol. Helv.*, Bd. XVI, p. 35-38.
149. 1921. O. AMPFERER, Zur Tektonik der Vilser Alpen. *Verh. geol. St. Anst.*, 1921, p. 117-124.
150. 1921. J. BLUMRICH, Grundriss einer Geologie Vorarlbergs. *Volkschriften der « Heimat »*, Heft. 1, p. 1-31.
151. 1921. J. CADISCH, Geologie der Weissfluhgruppe zwischen Klosters und Langwies. (Graubünden). *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, n° 79, N. F. 49. Lief., I Abt., 91 p., 3 pl.
152. 1921. H. P. CORNELIUS, Die kristallinen Schollen im Retterschwangtale (Allgäu) und ihre Umgebung. *Mitt. geol. Ges.*, Wien 1921, Bd. XIV, p. 1-84, 1 carte géol.

153. 1921. — — Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen in der Allgäuer und Vorarlberger Klippenzone. *Verh. geol. St. Anst.*, 1921, p. 141-149.
154. 1921. — — Bemerkungen zur Geologie des östlichen Rhätikon. *Verh. geol. St. Anst.*, 1921, p. 85-90.
155. 1921. F. ESCHER, Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Davos und Piz Kesch., *Jahresber. der Naturf. Ges. Graubündens*, Bd. LX, p. 5-55, 1 esquisse géol., 4 fig.
156. 1921. M. FURLANI-CORNELIUS, Stratigraphische Studien in Nordtirol. Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Neokomschichten der Karwendelmulde bei Landl in Nordtirol. *Verh. geol. St. Anst.*, 1921, p. 90-94, 1 fig.
157. 1921. K. LEUCHS, Geologischer Führer durch die Kalkalpen vom Bodensee bis Salzburg und ihr Vorland. München, 1921. 111 p.
158. 1921. M. RICHTER, Die exotischen Blöcke im Flysch bei Oberstdorf. *Centralblatt für Min.*, 1921, Heft 11, p. 321-326.
159. 1921. B. SANDER, Zur Geologie der Zentralalpen (Mit Beitr. von Ampferer und Spengler), *Jahrb. geol. St. Anst.*, 1921, Bd. LXXI, p. 173-224.
160. 1922. P. ARBENZ, Zur Frage der Abgrenzung der penninischen und ostalpinen Decken in Mittelbünden. *Ech. geol. Helv.*, Bd. xvii, p. 310-315.
161. 1922. ALB. HEIM, Geologie der Schweiz., Leipzig, Bd. II.
162. 1922. W. KOCKEL, Die nördlichen Ostalpen zur Kreidezeit. Ein Ausschnitt aus der Entwicklung eines Kettengebirges. *Mitteil. geol. Ges.*, Wien, 1922, Bd. xv, p. 63-168, 4 fig.
163. 1922. K. A. REISER, Geologie der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. II Teil. *Geognostische Jahreshefte*, Bd. xxxv, p. 1-82.
164. 1922. M. RICHTER, Der nordalpine Flysch zwischen der Ostschweiz und Salzburg. *Geologische Rundschau*, Bd. XIII, p. 186-187.

165. 1922. — Der Flysch in der Umgebung von Oberstdorf im Allgäu. *Jahrb. geol. Bundesanst.*, 1922, Bd. LXXII, p. 49-80.
166. 1922. W. SCHMIDT, Zur Phasenfolge im Ostalpenbau. *Verh. geol. Bundesanst.*, 1922.
167. 1923. K. BODEN, Über Konglomerate und Breccien in den bayerischen Alpen. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1923, Bd. LXXV, p. 155-183.
168. 1923. — Zum Gebirgsbau der oberbayerischen Alpen. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1923, Bd. LXXV, p. 89-100.
169. 1923. J. CADISCH, Zur Geologie des zentralen Plessurgebirges. *Ecl. geol. Helv.*, 1923, Bd. xvii, Heft. v, p. 493-501.
170. 1923. H. P. CORNELIUS, Zur Deutung der Allgäuer und Vorarlberger Juraklippen. *Verh. geol. Bundesanst.*, 1923, p. 61-64.
171. 1923. H. EUGSTER, Geologie der Ducangruppe (Gebirge zwischen Albula und Landwasser). *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*. n° 79, N. F. 49 Lief., Abt. III, 33 fig., 4 pl.
172. 1923. L. KOBER, Bau und Entstehung der Alpen. Berlin, Bornträger, 1923, in 8°, 283 p. 102 fig., 8 pl.
173. 1923. K. A. REISER, Geologie der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. *Geognostische Jahreshefte*, Bd. XXXVI, 1923, p. 1-33, 1 pl., 3 fig.
174. 1923. M. RICHTER, Der Nordrand der Oberostalpinen Geosynklinale. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1923, Bd. LXXV, p. 198-211.
175. 1923. — Die Stellung der nördlichen Flyschzone des Bregenzer Waldes. *Verh. geol. Bundesanst.*, 1923, p. 141-147.
176. 1923. — Beobachtungen am Nordrand der Oberostalpinen Decke im Allgäu. *Verh. geol. Bundesanst.*, 1923, p. 162-170.

177. 1923. W. v. SEIDLITZ, Die Zimba-Scesaplanascholle als Beispiel ostalpinen Gebirgsbaus. *Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges.*, 1923, Bd. LXXV, p. 134-135.
178. 1923. — — Das Westende der nördlichen Kalkalpen im Rhäticon, Berlin 1923. *Geologische Charakterbilder*, Heft. 29, 8 pl.
179. 1923. Chr. TARNUZZER, Die Grenze zwischen Ost- und Westalpen. *Jahresber Naturf. Ges. Graubündens*. 1923-1924, p. 1-23, 1 carte.
180. 1924. W. HÄFNER, Geologie des südöstlichen Rhätikon (zwischen Klosters und St. Antönien), *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz.*, n° 84, N. F. 54. Lief. I. Abt., 3 pl.
181. 1924. C. W. KOCKEL und M. RICHTER, Über die Tektonik der Vilser und Hohenschwangauer Alpen. *Verh. geol. Bundesanst.*, 1924, p. 82-92, 1 carte, 3 prof.
182. 1924. K. OSSWALD, Das Risserkogelgebiet, Geologie der Berge südlich Tegernsee. *Geognostische Jahreshefte*, 1924, Bd. XXXVII, p. 111-166, 1 carte, 3 prof., 3 pl.
183. 1924. O. M. REIS, Über Konglomerate in den Allgäuer- und Kössener Schichten. *Geognostische Jahreshefte*, 1924, Bd. XXXVII, p. 71-72.
184. 1924. M. RICHTER, Kreide und Flysch im östlichen Allgäu zwischen Wertach und Halblech. *Jahrb. geol. Bundesanst.*, 1924, Bd. LXXIV, p. 135-177, 9 fig.
185. 1924. R. STAUB, Der Bau der Alpen (Versuch einer Synthese). *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*. n° 82, N. F. 52 Lief, 1 carte, 2 pl.
186. 1925. O. AMPFERER, und H. ASCHER, Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Spullerseewerkes. *Jahrb. geol. Bundesanst.*, 1925, Bd. LXXV, p. 365-422, pl. III-x, 1 carte.
187. 1925. H. P. CORNELIUS, Zum Probleme der exotischen Blöcke und Gerölle im Flysch des Allgäu. *Jahrb. geol. Bundesanst.*, 1925, Bd. LXXIV (1924), p. 229-280, 3 fig.

188. 1925. — — — Über die Kreideantiklinale des Ostertales und die Stellung der « Couches rouges » im Allgäu. *Verh. geol. Bundesanst.*, 1925, p. 53-63, 3 fig.
189. 1925. J. GUBLER, Note sur la tectonique de la partie moyenne du Rhéticon (Suisse et Autriche), *B. S. G. Fr.*, 1925, 4^e série, t. 25, fasc. 7-8, p. 679-689, 3 fig.
190. 1925. E. HAUG, Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales. *B. S. G. Fr.*, 1925, 4^e série, t. 25, fasc. 3, p. 97-243, 2 tabl.
191. 1925. J. DE LAPPARENT, Les galets de radiolarites des alluvions du Rhin. *B. S. G. Fr. C. R. Som.* 1925, n^o 5, 4^e série, t. 25, p. 67-69.
192. 1925. K. LEUCHS, Über Einflüsse der Triasriffe auf die Lias-Sedimentation in den nördlichen Kalkalpen. *Senckenbergiana. Wissenschaftliche Mitteil. herausgegeben von der Senckenbergischen Naturf. Ges.*, Bd. VII, Heft. 6, p. 247-249.
193. 1925. M. RICHTER, Über den Bau des Ammergebirges. *Zeitschr. der Deutsch geol. Ges.*, 1925, Bd. LXXVII, p. 239-259, 3 fig.
194. 1925. H. W. SCHAAD, Geologische Untersuchungen in der südlichen Vorarlberger Kreide-Flyschzone zwischen Feldkirch und Hochfreschen (Deutschösterreich), Inaugural Dissertation. Zürich, 1925, 59 p., 5 pl., 1 carte géol.
195. 1925. J. SCHROEDER, Die jurassischen Fleckenmergel der bayerischen Alpen. *Neues Jahrb. für Min...*, Beil. Bd. 1925 LII, p. 214-283.
196. 1926. O. AMPFERER, Zur Deutung der Hornsteinbrekzien im Sonnwendgebrige im Unterinntal. *Geologische Rundschau*, 1926, Bd. XVII, p. 21-22.
197. 1926. P. ARNI, Geologische Forschungen im mittleren Rhätikon. Inaugural Dissertation. Zürich, 1926, 1 carte géol., 4 prof.
198. 1926. J. CADISCH, Der Bau der Schweizer Alpen, Zürich, 1926, in 8°, 61 p. 1 pl.

199. 1926. W. KOCKEL, Die Deckenfalten der Hohenschwanner Berge. *Geologische Rundschau*, Bd. xvii, Heft. 2, p. 159-160.
 200. 1926. M. RICHTER, Die Cenomantransgression im Ammergebirge. *Centralblatt für Min...*, 1926 p. 57-64, 3 fig.
 201. 1926. H. SCHARDT und P. ARNI, Die Entstehung des Lünensees. *Vierteljahrsschr. Naturf. Ges.*, Zürich, 1926.
 202. 1926. H. STAHEL, Geologische Untersuchungen im nordöstlichen Rhätikon. Inaugural Dissertation, Zürich, 1926, 81 p., 1 carte.
 203. 1926. W. VORTISCH, Oberrhätischer Riffkalk und Lias in den nordöstlichen Alpen. I Teil, *Jahrb. geol. Bundesanst.*, 1926, Bd. LXXVI, p. 1-64, 4 fig., pl. 1.
-

CARTES GÉOLOGIQUES

1851. B. STUDER, Geologische Karte der Alpen. in *Geologie der Schweiz*, Bern. 1851.
 1890. F. NOE, Geologische Übersichtskarte der Alpen. 1 : 1.000.000. Wien, 1890.
 1916. R. STAUB, Tektonische Karte der südöstl. Schweizeralpen. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*. Spezialkarte 78, 1916.
 1925. R. STAUB, Tektonische Karte der Alpen, *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*. Spezialkarte 105 a, 1925.
- G. THEOBALD, Geologische Karte der Schweiz.
1 : 100.000, Bl. x.
1912. Alb. HEIM, Geologische Karte der Schweiz. 1 : 500.000., II Aufl.

1916. D. TRÜMPY, Geologische Karte des Falknis. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, Spezialkarte 79, 1916.

1861. C. W. GÜMBEL, Geognostische Karte des Königreichs Bayern, I Abt. Das bayerische Alpengebirge und sein Vorland, 1861.

1919. C. und K. REGELMANN, Geologische Übersichtskarte von Württemberg und Baden, dem Elsass, der Pfalz und den weiterhin angrenzenden Gebieten *Württembergische statistische Landesanstalt*, 1919.

F. HAUER, Geologische Übersichtskarte der österreichischen Monarchie. 1 : 576.000.

J. BLAAS, Geologische Karte der Tiroler-und Vorarlbergeralpen. 1 : 500.000.

Geologische SPEZIALKARTEN der österreichisch-ungarischen Monarchie, 1 : 75.000, *geol. Reichsanst.*, : LECHTAL, ZIRL und NASSEREITH, INNSBRUCK und ACHENSEE, LANDECK.

ERRATA.

P. 28, 17^e ligne lire *liliiformis*.

P. 32, 4^e ligne lire *Modiola*.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	1
HISTORIQUE	3
INTRODUCTION	5

PREMIÈRE PARTIE — STRATIGRAPHIE

LE FLYSCH DU VORARLBERG	7
LE FLYSCH DU PRAETTIGAU	12
LA NAPPE DU FALKNIS ET LA NAPPE DE LA SULZFLUH	16
LA ZONE D'ÉCAILLES D'AROSA	18
LA NAPPE DE LA SILVRETTA.	
a) LES GNEISS	20
b) LE PERMOCARBONIFÈRE	23
NAPPES DE L'ALLGÄU ET DU LECHTAL.	
LE TRIAS.	
Les grès du Trias inférieur	25
L'Anisien	26
<i>Description lithologique</i>	27
<i>Faune - Répartition</i>	28
Le Ladinien	28
<i>Description lithologique</i>	30
<i>Faune</i>	31
Le Carnien	32
<i>Description lithologique</i>	33
<i>Faune et Flore</i>	35
<i>Répartition</i>	36
<i>Conclusions</i>	40
Le Norien	41
<i>Etude générale du Trias</i>	42
Le Rhétien	44
1) <i>Les couches de Kössen</i>	44
<i>Faune</i>	46
2) <i>Les calcaires du Rhétien supérieur</i>	50
<i>Faune</i>	50
<i>Répartition du Rhétien</i>	51

Le Lias	52
<i>Description lithologique</i>	57
1) <i>Lias rouge</i>	52
2) <i>Les couches d'Allgäu</i>	53
3) <i>Les calcaires rouges du Lias sup.</i>	54
<i>Faune</i>	54
<i>Répartition</i>	57
1) <i>Le Lias de la Scesaplana</i>	57
2) <i>Les environs de Brand et le Sarotlatal</i>	58
3) <i>Les environs de Lorüns</i>	59
4) <i>La Rote Wand et les environs de Formarin</i>	61
5) <i>Feuerstein</i>	62
6) <i>Le Walsertal</i>	63
<i>Le Lias à l'est du Vorarlberg</i>	64
<i>Conclusions</i>	67
<i>Tableau des faciès du Lias entre le Vorarlberg et l'Achensee (Tirol)</i>	68
L'Oolithique	70
<i>Description lithologique</i>	70
<i>Faune</i>	72
<i>Répartition</i>	73
<i>L'Oolithique à l'est du Vorarlberg</i>	77
Le Crétacé.	
<i>Description lithologique</i>	80
<i>Faune - Répartition</i>	83
<i>Conclusions</i>	86
<i>Le Crétacé (à l'exception des couches de Gosau à l'est du Vorarlberg)</i>	87
Le Quaternaire	89

DEUXIÈME PARTIE — TECTONIQUE

LE HAUT RELLSTAL ET LA CHAÎNE FRONTIÈRE DU RHÉTICON	93
LE VERSANT DROIT DU RELLSTAL	93
LA RÉGION ENTRE LE RELLSTAL ET LE BRANDNER-TAL	96
LES ENVIRONS DE BRAND	98
ZIMBA ET VALBONAKOPF	100
LE BRANDNERTAL EN AVAL DE BRAND	102
LE SYNCLINAL DE LA SCESAPLANA ENTRE LE VALBONAKOPF ET LORÜNS	103

DAVENNAKOPF ET ITONSKOPF	104
KLAMPNERSCHROFFEN	106
LA CHAÎNE DU KLOSTERTAL	107
LA ROTE WAND	108
LE RADONATOBEL ET LES ENVIRONS DE BRAND ..	111
LES ENVIRONS DE LAGUTZ ET DE KLESENZA	112
LE HOCHFRASSEN ET LES ENVIRONS DE NÜZIDERS.	113
LA NAPPE DE L'ALLGÄU DANS LE WALSERTAL. ..	
LE VERSANT GAUCHE DU WALSERTAL DE RAGGAL	
A BUCHBODEN	117
HUTLATAL ET PARTNOM	119
LE VERSANT GAUCHE DU WALSERTAL ENTRE BUCH-	
BODEN ET LE METZGERTOBEL	120
LES ENVIRONS DU SCHADONAPASS	122
LE ZITTERKLAPFEN	123
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	125
1) La structure du Rhéticon	125
2) La nappe du Lechtal et la nappe de	
l'Allgau dans le Vorarlberg	127
3) Le Cristallin de la Silvretta	131
PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTÉS	133

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

ZOOLOGIE : Céphalopodes : organisation et développement

PÉTROGRAPHIE : Signification des amphibolites dans les séries cristallophylliennes.

Vu et approuvé :

Paris, le 4 Mai 1927

Le Doyen de la Faculté des Sciences.

CH. MAURAIN.

Vu et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris.

S. CHARLÉTY

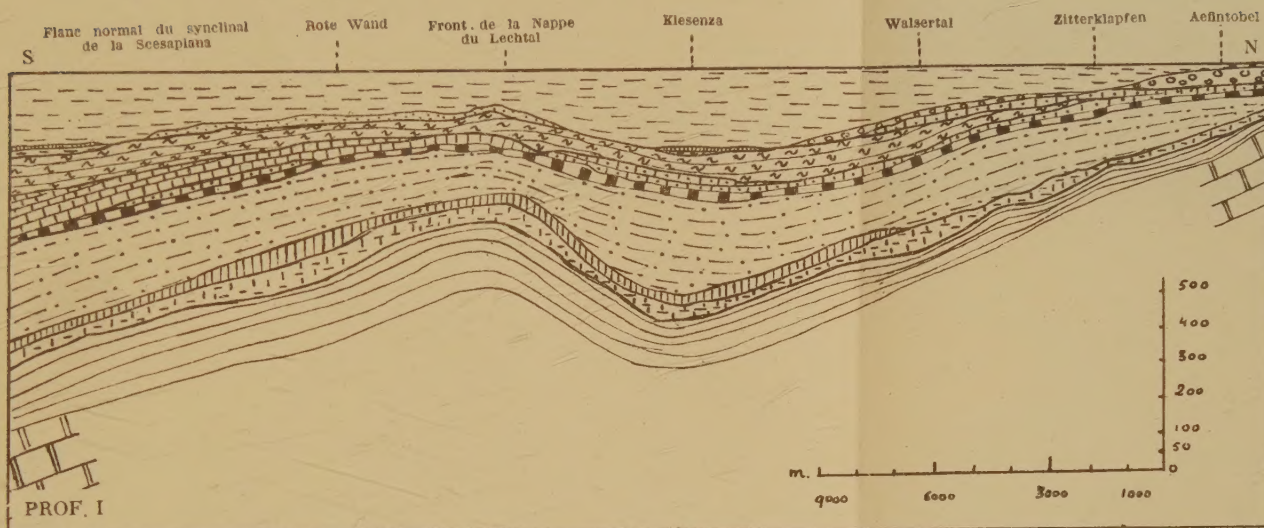


PL. I

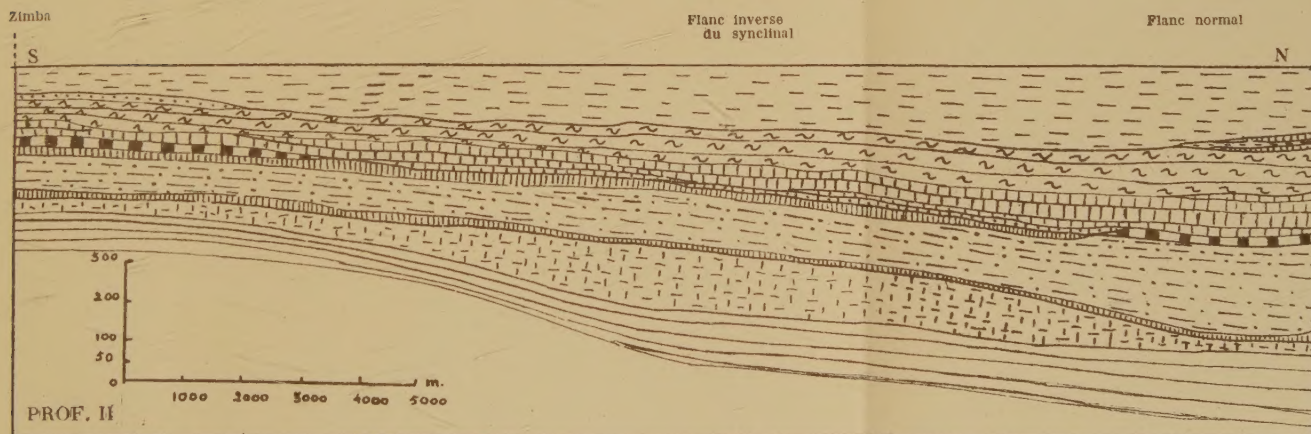
COUPES STRATIGRAPHIQUES

par J. GUBLER

COUPE D'ENSEMBLE DES NAPPES DE L'ALLGÄU ET DU LECHTAL



COUPE TRANSVERSALE DE L'ÉCAILLE DE LA SCESAPLANA DANS LE SAROTLATAL



COUPE LONGITUDINALE DU LIAS DE L'ÉCAILLE DE LA SCESAPLANA

